

MÉMENTO SUR L'ÉNERGIE

Energy handbook

édition
2014

DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE

cea

MÉMENTO SUR L'ÉNERGIE 2014

La version 2014 du livret “ Mémento sur l'énergie ” que vous avez entre les mains contient un ensemble de notions et de données technico-économiques indispensables pour comprendre les problèmes inhérents à toute politique énergétique.

Le livret “ Elecnucl ” donne un panorama complet des centrales nucléaires passées, présentes ou en construction dans le Monde.

Si chaque ouvrage se suffit à lui même, l'ensemble a pour ambition de constituer, dans un format pratique, une sélection relativement complète de données de base utiles tant au professionnel qu'à toute personne intéressée, à un titre ou un autre, aux problèmes énergétiques.

MÉMENTO SUR L'ÉNERGIE est disponible et téléchargeable en PDF sur le site www.cea.fr

Si vous souhaitez télécharger les mises à jour en consultant le site web CEA et ne plus recevoir la version imprimée, merci de vous désabonner.

Si vous désirez recevoir régulièrement les mises à jour de ce document imprimé, merci de renseigner le bulletin d'abonnement en ligne sur le site www.cea.fr - Espace Publications

*Si vous avez des remarques ou des suggestions, adressez-vous à :
If you have some remarks and suggestions, send your request to:*

Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives
CEA Saclay
Institut de technico-économie des systèmes énergétiques
Direction de l'énergie nucléaire
Bâtiment 524
91191 Gif-sur-Yvette cedex
E-mail : francoise.thais@cea.fr

Principaux messages issus de ce panorama énergétique mondial

1 - Ressources : les réserves prouvées mondiales en pétrole et en gaz se situent à hauteur respectivement de 53 et 55 fois la production mondiale de 2013, comparativement à 113 fois pour le charbon (p. 11).

2 - Evolution des besoins en énergie primaire : croissance de 1,8 %/an en moyenne dans le monde ces dernières années (1990-2012) dont forte croissance au moyen orient (5,2 %) et dans les pays en développement (ex : 4 % par an en Inde et 5,3 % en Chine) mais une stabilisation dans l'Union européenne sur la période (page 20). Selon le scénario développé par l'AIE (p. 21), la croissance se prolongerait mais à un rythme un peu moindre d'ici 2030.

3 - Part des énergies dans les besoins finaux en 2011 : domination très forte des combustibles fossiles dans la consommation finale d'énergie (66 % dont 41 % pour le seul pétrole). Le gaz naturel et l'électricité à hauteur respectivement de 15 et 18 % devançant la biomasse (13 %) et le charbon (10 %) (p. 23). D'ici 2030, l'AIE retient dans son scénario 2013 une situation semblable hormis pour l'électricité qui passerait à 22 % au détriment du pétrole, du charbon et de la biomasse (p. 23). Cette hausse de la part de l'électricité qui est déjà visible dans les pays industrialisés, (ex : France, où elle est passée de 9,7 à 24,7 % entre 1973 et 2013, p. 28) est attendue dans de nombreux pays en développement.

4 - Consommation d'électricité : la consommation par habitant montre de fortes disparités dans le monde, entre 592 kWh/an en Afrique, 3 488 kWh/ an en Chine et 1 2947 kWh/an aux Etats Unis (p. 19). Cette situation montre l'ampleur des besoins en nouvelles capacités de production d'électricité. D'ici 2030, la production d'électricité pourrait progresser de 2,2 % par an dans le monde (p. 37) à comparer avec 1,7 % pour la demande finale totale d'énergie d'après l'AIE (scénario de 2012).

5 - Part des énergies dans la production mondiale d'électricité (p. 35) : le charbon domine avec 40 % de la production ; il est suivi par le gaz naturel, l'hydraulique et le nucléaire avec respectivement 22,5 %, 16,2 % et 10,9 %. Si le nucléaire a devancé pour la première fois le charbon dans l'Union européenne pour l'année 2011, il est à nouveau supplanté en 2012 (respectivement 27 % et 28,6 %), excepté dans certains pays (ex : France 76,1 % pour le nucléaire). Le scénario 2013 de l'AIE retient d'ici 2030 (p. 37) un maintien de la part du nucléaire dans la production mondiale d'ici 2030 à 12 %) malgré une croissance en valeur absolue.

6 - Energies renouvelables dans la production électrique : hors hydraulique, faible part dans le total des capacités installées mais croissance rapide et désormais position notable en valeurs absolues (p. 14-15-16 et 33). Ainsi, les capacités PV qui augmentent rapidement excèdent 139 GWc en 2013, il en est de même pour les capacités éoliennes qui atteignent 318 GWe. L'hydraulique a produit 16,2 % de l'électricité mondiale en 2012, les autres énergies renouvelables 5,0 % (p. 35).

7 - Gaz à effet de serre : le CO₂ issu de la combustion des énergies fossiles est le premier contributeur des émissions (65 % voir p. 74) suivi de loin par le méthane (16 %) et le CO₂ issu de la déforestation (11 %). C'est du secteur de l'énergie qu'il est principalement issu (p. 72). La Chine est le premier pays émetteur de GES (8,9 GtCO₂), suivi par les Etats Unis (5,3 GtCO₂, voir p. 75). Depuis 1990, les émissions mondiales ont augmenté de plus de 46 % (p. 80).

8 - Prix des énergies : le prix de l'uranium en contrat à long terme (qui représente 98 % des contrats de l'UE) et sur le marché spot a légèrement diminué entre 2012 et 2013 (p. 92). Au deuxième semestre 2013, le prix moyen de l'électricité industrielle HT dans l'Union européenne était de 93,1€/ MWh, allant de 66,1€ pour la France à 193,2 € pour Chypre (p. 88).

SOMMAIRE

pages

ÉNERGIE - UNITÉS ET FACTEURS DE CONVERSION RESSOURCES, CONSOMMATION ET PRODUCTION	5
RESOURCES, CONSUMPTION AND PRODUCTION	
TABLEAUX DE CONVERSION	
Principales unités d'énergie Main energy units	6
Principales unités de puissance Main power units	6
Unités de volume métriques et anglo-saxonnes Anglo-saxon and metric units conversion	6
Unités usuelles pour l'uranium Common units for uranium	7
Table de conversion pour les composés de l'uranium	7
Conversion table for uranium compounds	
Pouvoir calorifique inférieur des charbons Lower calorific value for coals	8
Pouvoir calorifique moyen du bois (PCI)	8
Comparaison biocarburant - carburant d'origine pétrolière	8
Données de base sur l'hydrogène	8
Basic data about hydrogen	
France : comptabilité de l'énergie primaire France: primary energy accountancy	9
Équivalence énergétique de l'uranium naturel Energy equivalence for natural Uranium	10
Équivalence énergétique des combustibles fossiles Energy equivalence for fossil fuels	10
RESSOURCES	
Monde : réserves prouvées en énergies fossiles par zone géographique fin 2013	11
World: proved reserves of fossil fuels per geographical area at end 2013	
Monde : réserves d'uranium les plus importantes	12
World: most important uranium reserves	
Evolution de la capacité installée mondiale d'origine renouvelable	13
Renewable installed world capacity evolution	
Europe : puissance éolienne offshore installée dans les pays de l'UE	14
Europe: installed capacity for offshore wind power in the EU countries	
Europe : capacité installée et production d'électricité d'origine éolienne et photovoltaïque dans les pays de l'UE	15
Europe: electricity production and installed capacity from wind and photovoltaic in the EU	
Potentiel de biomasses en France	16
Description de la forêt en France	16
Usage du bois	16
Production mondiale de biocarburants (2012)	16
CONSOMMATION	
Scénario d'évolution de la population mondiale	17
Scenario of evolution of world population	
Monde : données générales pour 2012	18
World: general data for 2012	
Monde : approvisionnement total en énergie primaire	20
World: total primary energy supply	
Monde : scénario de référence pour l'approvisionnement total en énergie primaire	21
World: reference scenario for primary energy supply	
Monde : consommation finale d'énergie en 2012	22
World: final consumption of energy for 2012	
Monde : scénario de référence pour la consommation finale d'énergie	23
World: reference scenario for final consumption of energy	
Europe : données générales pour 2012	24
Europe: general data for 2012	
Europe : consommation de biocarburants destinés au transport dans l'UE en 2013	26
Europe: biofuel consumption for transport in the European Union in 2013	
Consommation d'électricité par habitant	27
Electricity consumption per head	
Consommation finale d'énergie par unité de PIB	27
Final energy consumption per GDP unit	
France : consommation d'énergie primaire (corrigée du climat) par énergie	28
France: primary energy consumption (corrected for climate) by energy	
France : consommation d'énergie finale (corrigée du climat) par énergie	28
France: final energy consumption (corrected for climate) by energy	
France : consommation d'énergie finale (corrigée du climat) par secteur	29
France: final energy consumption (corrected for climate) by sector	

France : deux scénarios retenus dans le cadre du DNTE (Débat national sur la transition énergétique)	29
France: two retained scenarios in the DNTE context (National debate on energetic transition)	
France : bilans électriques	30
France: electricity balances	
France : bilan de l'énergie en 2013	31
France: energy balance for 2013	
PRODUCTION	
Monde : capacités électriques installées en 2011	33
World: 2011 electricity installed capacities	
Production d'électricité d'origine nucléaire par pays fin 2013	34
Electricity generation from nuclear power plants by country at the end of 2013	
Monde : production d'électricité par source en 2012	35
World: electricity generation by fuel for 2012	
Monde : production d'électricité	36
World: electricity generation	
Monde : scénario de référence pour la production d'électricité	37
World: reference scenario for electricity generation	
Europe : évolution de la production électrique	38
Europe: evolution of electricity generation	
Europe : part de l'énergie produite à partir des sources renouvelables dans la consommation brute d'énergie finale en 2012 et objectifs 2020	39
Europe: share of energy from renewable sources in gross final consumption of energy in 2012 and national overall targets in 2020	
France : production d'énergie primaire renouvelable	40
France: renewable energy production	
France : bilan électrique	40
France: electricity balance	
France : échanges contractuels transfrontaliers d'électricité en 2013	41
France: cross-border contractual electricity exchanges in 2013	
Puissances maximales appelées par le réseau en France	41
Peak load demand of the French network	
ÉNERGIE ÉLECTRIQUE ET ÉLECTRONUCLÉAIRE	43
ELECTRICITY AND NUCLEAR POWER	
Principales caractéristiques des filières électronucléaires	44
Main characteristics of nuclear reactor types	
GESTION DU COMBUSTIBLE	
France : caractéristiques des REP 900, 1300, 1450 MWe	45
France: Characteristics of the 900, 1300 and 1450 MWe PWR's	
Parc électronucléaire français au 01/01/2014	46
Nuclear power plants in France - Status as of 2014/01/01	
France : évaluation des besoins en uranium et services du cycle du combustible REP	48
France: Uranium and fuel cycle services requirements	
Principales caractéristiques d'un réacteur à neutrons rapides	49
Le réacteur à neutrons rapides incinérateur d'actinides	49
The fast neutron reactor as an actinide incinerator	
CYCLE DU COMBUSTIBLE NUCLÉAIRE	
Gestion du combustible sur le parc REP d'EDF	50
Cycle simplifié du combustible nucléaire en France	51
Monde : besoins en uranium	52
World: Uranium requirements	
Définition de l'UTS	52
Monde : capacité nominale d'enrichissement de l'uranium	52
World: Uranium enrichment capacity	
Quantité d'uranium naturel et unités de travail de séparation nécessaires pour obtenir 1 kg d'uranium enrichi à un taux donné en fonction de la teneur en rejet	52
Natural Uranium and separative work units required to obtain 1 kg of enriched Uranium at a given yield as a function of the depletion yield	
Les procédés d'enrichissement isotopique de l'uranium	53
Fabrication de combustible : besoins et capacités de production dans l'OCDE	53
Fuel manufacture: requirements and capacities in OECD countries	

Usines de traitement des combustibles usés	
Used fuel reprocessing units	53
Les déchets produits en France	54
Classification des déchets	54
Waste classification	
La gestion des déchets radioactifs	56
Principaux éléments contenus dans les combustibles usés	57
Main elements comprised in used fuel	
Déchets ultimes issus du traitement du combustible d'un REP 1000 MWe	58
Ultimate waste from fuel reprocessing for a 1000 MWe PWR unit	
Effluents annuels dus au traitement du combustible d'un REP 1 000 MWe	58
Waste generated annually by reprocessing the fuel of a 1000 MWe PWR unit	
Effluents et déchets produits en 1996 par les centrales nucléaires en France	58
Total amount of waste generated by the French nuclear power plants in 1996	
Volumes de résidus générés dans UP3	59
Volume of waste generated in the UP3 reprocessing plant	
INFORMATIONS GÉNÉRALES GENERALITIES	61
L'HOMME ET LES RAYONNEMENTS	
Quelques définitions	62
Grandeurs et unités propres aux rayonnements ionisants	Physical units for ionizing radiation 63
Décroissance de la radioactivité d'un radioélément, vie moyenne, période	64
Radioactive decay, mean life, half life	
Périodes effectives de quelques corps radioactifs	Effective half life for some radioelements 64
Pouvoir de pénétration des rayonnements ionisants	Radiation ionizing stopping power 65
Expositions aux rayonnements ionisants en France (hors activités professionnelles)	66
Ionizing radiation exposure in France (other than occupational)	
Expositions aux rayonnements ionisants de la population en France	66
Le radon	67
Carte des activités volumiques du radon dans les habitations en France	67
Exposition moyenne mondiale aux sources naturelles d'irradiation	68
World average exposure from natural sources	
L'activité radioactive, exemples	Examples of natural or human generated activity 69
RADIOPROTECTION ET SÛRETÉ NUCLÉAIRE	
Institutions internationales	70
Loi sur la transparence et la sécurité en matière nucléaire	70
L'Autorité de sûreté	70
Principes du contrôle de la sûreté nucléaire en France	70
Classement des incidents : échelle INES	71
Structure fondamentale de l'échelle INES	71
ENVIRONNEMENT	
Qu'est-ce que l'effet de serre ?	72
Evolution des concentrations atmosphériques des principaux gaz à effet de serre au cours du temps	72
History of Greenhouse gas atmospheric rate	
Anomalies de la température moyenne globale annuelle de l'air à la surface terrestre relatives au climat de la période 1961-1990 ; valeurs issues des dernières versions de 4 jeux de données différents (Berkeley, CRUTEM, GHCN et GISS)	73
Global annual average land-surface air temperature (LSAT) anomalies relative to a 1961-1990 climatology from the latest versions of four different data sets (Berkeley, CRUTEM, GHCN and GISS)	
Prévisions en fonction des scénarios RCP du GIEC des augmentations de la température globale moyenne d'équilibre à la surface terrestre et du niveau de la mer par rapport au niveau pré-industriel	73
Estimations according to IPCC RCP scenarios of the global average Earth's surface temperature and sea level increasing compared to pre-industrial level	
Caractéristiques principales des RCP	73
Total annuel des émissions mondiales par groupe de gaz à effet de serre d'origine anthropogénique (1970-2010)	74
Total World annual anthropogenic GHG Emissions by Groups of Gases (1970-2010)	
Emissions de gaz à effet de serre par secteurs économiques	74
Greenhouse Gases Emission by economic sectors	
Les plus gros émetteurs de CO ₂ en 2011	75
The biggest CO ₂ emitters in 2011	

Emissions types de la production électrique	75
Principaux évènements sur les changements climatiques	76
La Conférence de Kyoto	76
Situation des émissions de gaz à effet de serre des pays de l'UE28 vis-à-vis de l'engagement de Kyoto	77
<i>Situation of Greenhouse gas emissions for European Union (28) countries towards Kyoto Protocol</i>	
Situation de émissions de gaz à effet de serre des pays d'Europe vis-à-vis du protocole de Kyoto	78
<i>Situation of greenhouse gas emissions for Europe countries towards Kyoto Protocol</i>	
Monde : évolution des émissions de CO ₂	80
<i>World: evolution of CO₂ emissions</i>	
Monde : émissions de CO ₂ par habitant provenant de combustibles fossiles	81
<i>World: CO₂ emissions per capita from fossil fuels</i>	
Monde : émissions de CO ₂ par unité de PIB provenant de combustibles fossiles	82
<i>World: CO₂ emissions per GDP unit from fossil fuels</i>	
Principaux gaz à effet de serre <i>Main Greenhouse gases</i>	82
Union européenne : émissions de CO ₂ par habitant provenant des combustibles fossiles	83
<i>European Union: CO₂ emissions per capita from fossil fuels</i>	
Europe : émissions de CO ₂ par unité de PIB provenant des combustibles fossiles	84
<i>Europe: CO₂ emissions per GDP unit from fossil fuels</i>	
Europe : émissions de CO ₂ par kWh dans le secteur de l'électricité	85
<i>Europe: CO₂ emissions per kWh from electricity generation</i>	
DONNÉES ÉCONOMIQUES	
Prix HT de l'électricité à usage domestique au 2 ^e semestre 2013	86
Prix TTC de l'électricité à usage domestique au 2 ^e semestre 2013	87
Prix HT de l'électricité à usage industriel au 2 ^e semestre 2013	88
Prix TTC de l'électricité à usage industriel au 2 ^e semestre 2013	89
Exemples de prix moyens des énergies en France	90
<i>Examples of average prices of energy in France</i>	
Tarifs d'achat français de l'électricité produite par les énergies renouvelables et la cogénération	91
France : prix de l'uranium (moyenne zone Euratom)	92
<i>France: Uranium prices (Euratom average)</i>	
France : prix CAF des énergies importées <i>France: CIF prices of imported energies</i>	92
GÉNÉRALITÉS	
Tableau de Mendeleïev	93
Symboles, éléments et isotopes	94
Période, radioactivité et utilisation des principaux isotopes	95
Caractéristiques des particules élémentaires	96
Unités de mesure	97
Préfixes des multiples et sous-multiples décimaux des unités du Système international	100
Unités de mesure anglosaxonnes	100
Constantes physiques fondamentales	101
LE CEA - PRÉSENTATION	102
Le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives	103
Organigramme du CEA	105
Pour plus d'informations sur le CEA	106
Pour plus d'informations sur le nucléaire	107
Pour plus d'informations sur l'énergie	108
Publications périodiques du CEA	110

ENERGIE

**UNITÉS ET FACTEURS DE CONVERSION
RESSOURCES, CONSOMMATION
ET PRODUCTION**

RESOURCES, CONSUMPTION AND PRODUCTION

TABLEAUX DE CONVERSION

Principales unités d'énergie

Main energy units

	Abréviation	Joule ⁽¹⁾	Thermie ⁽²⁾	British Thermal Unit ⁽³⁾	Kilowatt-heure
1 joule	J	1	$2,389 \cdot 10^{-7}$	$9,479 \cdot 10^{-4}$	$2,778 \cdot 10^{-7}$
1 thermie	th	$4,186 \cdot 10^6$	1	$3,968 \cdot 10^{+3}$	1,163
1 British Thermal Unit	Btu	$1,055 \cdot 10^3$	$2,520 \cdot 10^{-4}$	1	$2,930 \cdot 10^{-4}$
1 kilowatt-heure	kWh	$3,600 \cdot 10^6$	$8,600 \cdot 10^{-1}$	$3,413 \cdot 10^3$	1

(1) 1 exajoule (EJ) = 10^{18} J

(2) 1 calorie (Cal) = 10^{-6} th

(3) 1 quad = 10^{15} Btu

Principales unités de puissance

Main power units

	Erg/sec	Watt	MW	Btu/heure	Cheval vapeur
Erg/sec	1	10^{-7}	10^{-13}	$3,414 \cdot 10^{-7}$	$1,3595 \cdot 10^{-10}$
Watt	10^7	1	10^{-6}	3,414	$1,3595 \cdot 10^{-3}$
MW	10^{13}	10^6	1	$3,414 \cdot 10^6$	$1,3595 \cdot 10^{+3}$
Btu/heure	$2,929 \cdot 10^6$	0,2929	$292,9 \cdot 10^{-9}$	1	$0,3982 \cdot 10^{-3}$
Cheval vapeur	$7,355 \cdot 10^9$	735,5	$735,5 \cdot 10^{-6}$	2 511	1

Unités de volume métriques et anglo-saxonnes

Anglo-saxon and metric units conversion

	Litre (l)	Mètre cube (m ³)	Petroleum barrel	U.S. gallon	Imperial U.K. gallon	U.S. quart
1 litre	1	10^{-3}	$6,290 \cdot 10^{-3}$	$2,642 \cdot 10^{-1}$	$2,200 \cdot 10^{-1}$	1,057
1 mètre cube	$1,000 \cdot 10^3$	1	6,290	$2,642 \cdot 10^2$	$2,200 \cdot 10^2$	$1,057 \cdot 10^3$
1 Petroleum barrel	$1,590 \cdot 10^2$	$1,590 \cdot 10^{-1}$	1	$4,200 \cdot 10^1$	$3,497 \cdot 10^1$	$1,680 \cdot 10^2$
1 U.S. gallon	3,785	$3,785 \cdot 10^{-3}$	$2,381 \cdot 10^{-3}$	1	$8,327 \cdot 10^{-1}$	4,000
1 U.K. imperial gallon	4,546	$4,546 \cdot 10^{-3}$	$2,860 \cdot 10^{-2}$	1,201	1	4,804
1 U.S. quart	$9,463 \cdot 10^{-1}$	$9,463 \cdot 10^{-4}$	$5,942 \cdot 10^{-3}$	$2,500 \cdot 10^{-1}$	$2,082 \cdot 10^{-1}$	1

Unités usuelles pour l'uranium

Common units for uranium

	kg U	lb U ₃ O ₈	Short Ton U ₃ O ₈
1 kg U	1	2,5998	1,2999.10 ⁻³
1 lb U ₃ O ₈	0,3846	1	0,5.10 ⁻³
1 Short Ton U ₃ O ₈	769,3	2 000	1

Table de conversion pour les composés de l'uranium

Conversion table for uranium compounds

	U	UO ₂	UO ₃	U ₃ O ₈	UF ₄	UF ₆	UNH ⁽¹⁾
Poids moléculaire	238,03	270,03	286,03	842,01	314,02	352,02	502,13
U	1	0,881	0,832	0,848	0,758	0,676	0,474
UO ₂	1,134	1	0,944	0,962	0,860	0,767	0,538
UO ₃	1,202	1,059	1	1,019	0,911	0,813	0,570
U ₃ O ₈	1,179	1,040	0,981	1	0,894	0,797	0,559
UF ₄	1,319	1,163	1,098	1,119	1	0,892	0,625
UF ₆	1,479	1,304	1,231	1,254	1,121	1	0,701
UNH ⁽¹⁾	2,110	1,860	1,756	1,789	1,599	1,426	1

(1) Nitrate d'uranyle : UO₂ (NO₃)₂, 6 H₂O

Pouvoir calorifique inférieur des charbons (Thermies/kg)

Lower calorific value for coals

TOURBE		3,5	(4,85 en aggloméré)
LIGNITE	« FIBREUX »	3	à 3,5
	« TERREUX »	4,8	à 5
	SEC	4,5	à 5,5
	BITUMINEUX	6	à 7
CHARBON	« Flambant gras »	5,55	à 7,75
	« Flambant sec »	5,7	à 6,65
	« Gras »	6,3	à 7,7
	« Demi-gras »	6,75	à 7,7
	« Anthracite »	7,25	à 7,85
COKE		6,6	

NB : Le pouvoir calorifique est la quantité de chaleur produite par la combustion du charbon.

Le pouvoir calorifique supérieur (PCS) inclut la chaleur latente de condensation de la vapeur d'eau produite par cette combustion. Cette chaleur latente n'étant pas récupérable dans les usages courants, on définit le pouvoir calorifique inférieur (PCI) qui n'en tient pas compte.

Pouvoir calorifique moyen du bois (PCI)

	GJ	MWh	Tep
1 tonne de bois (anhydre)	18,2	5,06	0,43
1 tonne de bois (humidité 50 %)	7,92	2,20	0,19

Source : AFOCEL

Comparaison biocarburant – carburant d'origine pétrolière

Etant donné la différence de PCI :

1 litre d'essence = 1,5 litre d'éthanol

1 litre de diesel = 1,06 litre de biodiesel

Données de base sur l'hydrogène

Basic data about hydrogen

PCI ⁽¹⁾ LHV ⁽¹⁾	10,80 MJ/Nm ³ 119,9 MJ/kg	Densité gazeuse à 273K Density at 273K	0,08988 kg/Nm ³
PCS ⁽²⁾ HHV ⁽²⁾	12,77 MJ/Nm ³ 141,9 MJ/kg		

(1) Pouvoir calorifique inférieur Low heating value

(2) Pouvoir calorifique supérieur High heating value

Source : AFH2

France : comptabilité de l'énergie primaire

France: primary energy accountancy

En 2002 l'Observatoire de l'énergie a décidé d'adopter la méthode utilisée par les organismes internationaux (AIE, Eurostat...). Cela modifie le coefficient de conversion de l'électricité (de kWh en tonne d'équivalent pétrole) et les soutes maritimes internationales.

Since 2002, the French Observatory of the energy decided to adopt the method used by the international organizations (IEA, Eurostat...). This changes the electricity conversion factor (from kWh to ton of oil equivalent) and international marine bunkers.

Energie ou vecteur <small>Energy or vector</small>	Unité physique <small>Physical unit</small>	Gigajoules (Gj) (PCI) (NCV)	Tep (PCI) (Toe (NCV))
Charbon <small>Coal</small>			
• Houille <small>Hard coal</small>	1 t	26	26/42 ≈ 0,619
• Coke de houille <small>Coal coke</small>	1 t	28	28/42 ≈ 0,667
• Agglomérés et briquettes de lignite <small>Lignite briquettes</small>	1 t	32	32/42 ≈ 0,762
• Lignite et produits de récupération <small>Lignite & recovered products</small>	1 t	17	17/42 ≈ 0,405
Produits pétroliers <small>Petroleum products</small>			
• Pétrole brut, gazole/fioul domestique, produits à usages non énergétiques <small>Crude oil, automotive diesel/domestic fuel oil, products for not energy uses</small>	1 t	42	1
• GPL <small>LPG</small>	1 t	46	46/42 ≈ 1,095
• Essences moteur et carburants <small>Automotive gasoline and jet fuel</small>	1 t	44	44/42 ≈ 1,048
• Fiouls lourds <small>Heavy fuel oil</small>	1 t	40	40/42 ≈ 0,952
• Coke de pétrole <small>Petroleum coke</small>	1 t	32	32/42 ≈ 0,762
Gaz naturel et industriel <small>Natural and industrial gas</small>	1 MWh PCS 1 MWh GCV	3,24	3,24/42 ≈ 0,077
Biocarburants <small>Biofuels</small>			
Ethanol	1 t	26,8	26,8/42 ≈ 0,638
Biodiesel (ester méthylique d'acide gras)	1 t	36,8	36,8/42 ≈ 0,876
Bois <small>Wood</small>	1 stère	6,17	6,17/42 ≈ 0,147
Vecteur Electricité <small>Electricity Vector</small>			
• Production d'origine nucléaire <small>Nuclear production</small>	1 MWh	3,6	0,086/0,33 ≈ 0,2606
• Production d'origine géothermique <small>Geothermal production</small>	1 MWh	3,6	0,086/0,1 ≈ 0,86
• Autres types de production, échanges avec l'étranger et consommation <small>Other types of production, international exchanges, consumption</small>	1 MWh	3,6	3,6/42 ≈ 0,086
Vecteur Hydrogène <small>Hydrogen Vector</small>			
1 kg de H ₂ ≈ 11,126 Nm ³ de H ₂ ≈ 14,13 l de H ₂ (1 Nm ³ = 1 m ³ H ₂ à 0°C et 1 bar)	1 t	120,1	120,1/42 ≈ 2,86

PCI : Pouvoir Calorifique Inférieur NCV: Net Calorific Value

PCS : Pouvoir Calorifique Supérieur GCV: Gross Calorific Value

Source : Observatoire de l'énergie et étude CONCAWE, Commission européenne

Équivalence énergétique de l'uranium naturel

Elle dépend de l'efficacité d'utilisation de l'uranium, c'est-à-dire :

- du taux de rejet de l'uranium appauvri lors de la phase d'enrichissement (plus ce taux est faible, mieux on tire parti de la composante U235). Le choix du taux de rejet résulte d'un compromis entre le prix de l'uranium et celui de l'UTS (unité de travail de séparation, voir p. 50 le chapitre « Cycle du combustible nucléaire ») ;
- du taux de combustion de l'uranium dans les réacteurs ;
- de la réutilisation éventuelle du plutonium généré dans le réacteur et de l'uranium de traitement.

Les valeurs obtenues dans les REP actuels dépassent 10 000 tep par tonne d'uranium naturel pour un taux de rejet de l'ordre de 0,3 % et sans recyclage. Mais l'utilisation optimale de l'uranium naturel passe par la mise en œuvre de la filière rapide qui permet d'exploiter la quasi-totalité de l'uranium naturel. L'équivalence énergétique est alors de l'ordre de 500 000 tep par tonne d'uranium naturel.

Dans les réacteurs à eau actuels et sans recyclage du plutonium, une tonne d'uranium naturel fournit 420 000 GJ, soit 10 000 tep, soit 14 334 tec.

Équivalence énergétique des combustibles fossiles

Energy equivalence for fossil fuels

1 joule (J)	0,239 calorie		
1 calorie (cal)	4,186 J		
1 tonne d'équivalent pétrole (tep) PCI *	42 gigajoules (GJ) ⁽²⁾	1,433 tec	
1 tonne d'équivalent charbon (tec) PCI	29,3 GJ	0,697 tep	
1 000 m ³ de gaz naturel (PCI)	36 GJ	0,857 tep	
1 tonne de gaz naturel liquide	46 GJ	1,096 tep	
1 000 kWh (énergie primaire) ⁽¹⁾	3,6 GJ	0,086 tep ⁽³⁾	0,26 tep ⁽⁴⁾ (hydraulique) (nucléaire)

* Pouvoir calorifique inférieur - PCI : il se distingue du pouvoir calorifique supérieur (PCS) par la non prise en compte de la chaleur latente de condensation de la vapeur d'eau, laquelle n'est en général pas utilisable dans la pratique.

(1) Pour la conversion d'électricité en tep, voir le tableau précédent.

(2) Plus exactement 41,868 GJ.

(3) 0,0857 tep

(4) 0,260606 tep

RESSOURCES

Monde : réserves prouvées en énergies fossiles par zone géographique fin 2013

World: proved reserves of fossil fuels per geographical area at end 2013

2013	Anthracite et bitumineux	Sous-bitumineux et lignite	Total Minéraux solides	Ratio R/P * Minéraux solides
	Anthracite & bituminous	Sub-bituminous & lignite	Coal total	Coal R/P ratio
	Millions tonnes Million tons	Millions tonnes Million tons	Millions tonnes Million tons	Années Years
Amérique du Nord North America	112 835	132 253	245 088	250
Amérique centrale et du Sud South and Central America	7 282	7 359	14 641	149
Total Europe et Eurasie Europe & Eurasia total	92 557	217 981	310 538	254
Afrique Africa Moyen-Orient Middle East	32 722	214	32 936	126
Asie / Pacifique Asia / Pacific	157 803	130 525	288 328	54
Total Monde World total	403 199	488 332	891 531	113
dont OCDE of which OECD	155 494	229 321	384 815	191

* Reserves / production 2013

Source : BP Statistical Review of World Energy, juin 2014

2013	Pétrole	Ratio R/P* Pétrole	Gaz naturel	Ratio R/P * Gaz naturel
	Oil	Oil R/P ratio	Natural gas	Natural gas R/P ratio
	Milliards tep Billion toe	Années Years	Mille milliards m ³ Trillion m ³	Années Years
Amérique du Nord North America	35,0	37,4	11,7	13
Amérique centrale et du Sud South and Central America	51,1	> 100	7,7	43,5
Total Europe et Eurasie Europe & Eurasia total	19,9	23,4	56,6	54,8
Afrique Africa	17,3	40,5	14,2	69,5
Moyen-Orient Middle East	109,4	78,1	80,3	> 100
Asie / Pacifique Asia / Pacific	5,6	14	15,2	31,1
Total Monde World total	238,2	53,3	185,7	55,1
dont OCDE of which OECD	37,3	33,2	19,2	16

* Reserves / production 2013

Source : BP Statistical Review of World Energy, juin 2014

Monde : réserves d'uranium les plus importantes

World: most important uranium reserves

01/01/2013	Réserves raisonnablement assurées milliers tonnes U (<260\$/kgU) Thousand tons U	Réserves supplémentaires présümées milliers tonnes U (<260\$/kgU) Thousand tons U	Production 2010 milliers tonnes U Thousand tons U
Australie <i>Australia</i>	1 208	590	7
Etats-Unis <i>United states</i>	472	-	2
Canada	455	196	9
Kazakhstan	373	503	23
Namibie <i>Namibia</i>	297	159	5
Niger	325	80	4
Fédération de Russie <i>Russian Federation</i>	262	427	3
Afrique du Sud <i>South Africa</i>	234	217	1
Brésil <i>Brazil</i>	155	121	0
Ukraine	141	81	1
Chine <i>China</i>	120	79	1
Total Monde World total	4 587	3 048	60
dont OCDE <i>of which OECD</i>	2 243	897	18

Source : Uranium 2013, Resources, Production and Demand, AEN, éd 2014

Evolution de la capacité installée mondiale d'origine renouvelable Renewable installed world capacity evolution

Monde World	Source	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013
Puissance éolienne installée cumulée (GW)* Cumulative wind installed capacity (GW)*	GWEC (Global Wind Energy Council)	5	17	59	194	238	282 (dont 5,4 offshore)	318 (dont 7 offshore)
Puissance PV installée cumulée (GWc) Cumulative PV installed capacity (GWc)	EPIA	1	1	5	41	71	102	139
Puissance solaire thermique installée cumulée (GWth) Cumulative solar thermal installed capacity (GWth)	IEA	ND	ND	ND	196	239	275	326
Puissance géothermie installée (GW) Cumulative geothermal installed capacity (GW)	REN21	6,8*	8,0*	8,9*	11	11	11	12

* Capacité installée pour 15 pays avec actualisation pour les pays du GIA sur la période 2007-2011 - **Installed capacity for 15 countries with updates for GIA countries for 2007-2011**
GIA: Geothermal Implementing Agreement

Europe : puissance éolienne offshore installée dans les pays de l'UE
 Europe: installed capacity for offshore wind power in the EU countries

	2012	2013*
Royaume-Uni <i>United Kingdom</i>	2 995	3 657
Danemark <i>Denmark</i>	921,9	1 271,1
Belgique <i>Belgium</i>	379,5	625,2
Allemagne <i>Germany</i>	435	903
Pays-Bas <i>Netherlands</i>	228	228
Suède <i>Sweden</i>	163,7	211,7
Finlande <i>Finland</i>	26	26
Irlande <i>Ireland</i>	25,2	25,2
Portugal <i>Portugal</i>	2	2
Total EU 28	5 176,3	6 949,2

* Estimation

Source: *EurObserver 2014*

Europe : capacité installée et production d'électricité d'origine éolienne et photovoltaïque dans les pays de l'UE

Europe: electricity production and installed capacity from wind and solar power in the EU

	Eolien (TWh) Wind 2012	Eolien (TWh) Wind 2013**	Puissance éolienne installée dans l'UE (MWc) Cumulated installed wind power in the EU fin 2012 end of 2012	Puissance éolienne installée dans l'UE (MWc) Installed wind power in the EU fin 2013* end of 2013*	PV (GWh) Solar 2012	PV (GWh) Solar 2013**	Puissance photovoltaïque cumulée dans l'UE (MWc) Cumulated photovoltaic capacity in the EU fin 2013* end of 2013*	Puissance photovoltaïque cumulée dans l'UE (MW) Cumulated photovoltaic capacity in the EU fin 2013* end of 2013*
							Réseau On grid	Hors réseau Off grid
Allemagne Germany	50,7	53,4	31 424,0	34 633,0	26 380,0	30 000,0	35 948,0	65,0
Autriche Austria	2,5	2,9	1 377,0	1 684,0	337,5	686,0	685,9	4,5
Belgique Belgium	2,8	4,5	1 393,2	1 722,5	2 149,0	2 352,0	2 983,3	0,1
Bulgarie Bulgaria	1,2	1,2	669,6	676,7	754,0	1 348,5	1 018,5	0,7
Chypre Cyprus	0,2	0,2	146,7	146,7	19,8	45,0	33,9	0,9
Croatie Croatia	0,3	0,5	179,6	298,8	3,7	12,3	21,2	0,5
Danemark Denmark	10,3	11,1	4 162,8	4 772,5	338,0	490,0	530,0	1,4
Espagne Spain	47,6	54,3	22 784,0	22 959,0	8 193,0	8 289,0	4 680,5	25,0
Estonie Estonia	0,4	0,5	269,4	279,9	0,6	0,6	0,0	0,1
Finlande Finland	0,5	0,8	288,0	448,0	5,4	5,4	0,2	11,0
France*	14,9	15,9	7 513,0	8 143,0	4 446,0	4 900,0	4 673,0	24,6
Grèce Greece	3,3	3,5	1 749,4	1 864,6	1 232,0	3 648,0	2 578,8	7,0
Hongrie Hungary	0,8	0,7	331,0	331,0	7,9	9,3	14,8	0,6
Irlande Ireland	4,0	5,0	1 879,3	2 011,0	0,7	0,7	0,2	0,9
Italie Italy	13,4	14,9	8 118,0	8 551,0	18 862,0	22 146,0	17 602,0	12,0
Lettonie Latvia	0,1	0,1	60,0	62,0	0,0	0,0	1,5	0,0
Lituanie Lithuania	0,5	0,6	225,0	279,0	2,0	45,0	68,0	0,1
Luxembourg	0,1	0,1	58,3	60,6	38,3	50,0	100,0	0,0
Malte Malta	0,0	0,0	0,0	0,0	13,6	30,1	24,7	0,0
Pays-Bas Netherlands	5,0	5,6	2 433,0	2 713,2	253,8	582,0	660,0	5,0
Pologne Poland	4,7	6,6	2 496,7	3 389,5	3,4	4,0	1,8	2,4
Portugal	10,3	11,9	4 531,0	4 724,0	393,0	446,0	277,2	3,8
Rep. Tchèque Czech Republic	0,4	0,5	258,0	270,0	2 149,0	2 070,0	2 132,4	0,4
Rep. Slovaque Slovak Republic	0,0	0,0	3,1	3,1	561,0	600,0	537,0	0,1
Roumanie Romania	2,9	4,0	1 822,0	2 459,0	7,5	397,8	1 022,0	0,0
Royaume-Uni United Kingdom	19,6	25,6	8 889,0	10 777,0	1 187,9	1 800,0	2 737,0	2,3
Slovénie Slovenia	0,0	0,0	2,3	2,3	162,8	240,0	254,7	0,1
Suède Sweden	7,2	9,9	3743,2	4468,6	21,4	38,8	34,7	8,4
UE 28 EU 28	203,5	234,4	106 806,6	117 730,0	67 523,3	80 236,5	78 621,3	176,9

* Départements d'Outre-Mer inclus Overseas departments included - ** Estimation

Source : EurObserver 2014

Potentiels de biomasses en France

Origine	Biomasses	Total produit (kTep équivalent)	Supplémentaire disponible (kTep équivalent)
Agriculture	cultures dédiées	14,0	0,0
Agriculture	résidus cultures annuelles	29 687,0	4 438,0
Agriculture	déchets cultures pérennes	942,0	nd
Agriculture	issues de silo	169,0	nd
Agriculture	effluents d'élevage	7 467,0	3 320,0
Forêt	forêts (hors peupleraies)	17 930,0	8 008,0
Forêt	peupleraies	172,0	64,0
IAA	coproduits	2 206,5	29,2
IAA	boues et effluents	3 942,0	nd
	Total	62 529,5	15 859,2

Notes : IAA ; industries agro-alimentaires

Source : L'Observatoire National des Ressources en Biomasse - Evaluation des ressources disponibles en France - Edition 2012 – Les études de FranceAgriMer

Description de la forêt en France (FCBA 2014)

Surface totale (M ha) : 55,0

Forêt (M ha) : 15,4

Usage du bois (millions m³/an)

Production biologique forestière : 86,7 dont 57,3 de feuillus et 35,4 de résineux.
64,3 Mm³ proviennent de forêts privées.

Récolte de bois commercialisée en 2012 : 35,2 Mm³ (sur écorce)

Dont 18,2 : bois d'œuvre

Dont 11,4 : bois d'industrie

Dont 5,6 bois énergie (plaquettes forestières : 1,2) dont 2,1 certifiée

La consommation domestique de bois de feu en forêt est estimée à 21 Mm³ (hors vergers, haies et alignements).

Source : Mémento FCBA 2014

Production mondiale de biocarburants (2012) :

- Biodiesel : 25,1 milliards de litres (+ 6 % par rapport à 2011) dont 10,4 en Europe (+ 1 %) avec 2,6 en Allemagne (- 9 %) et 1,8 en France (stable) et 3,8 aux Etats-Unis (+ 2 %)

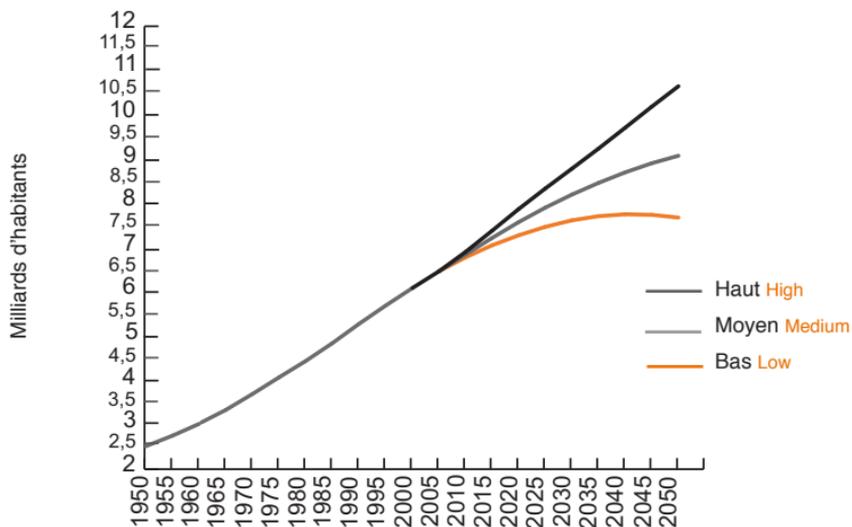
- Bioéthanol : 97,9 milliards de litres (- 1 % par rapport à 2011) dont 46,2 et 23,5 Mds de litres pour, respectivement les Etats-Unis (- 6 %) et le Brésil (+ 3 %), 6,6 milliards de litres en Europe (stable) dont 0,9 en France (stable).

Source : OCDE, Enerdata pour France et Allemagne

CONSOMMATION

Scénario d'évolution de la population mondiale

Scenario of evolution of world population



Source: United Nations Secretariat, World Population Prospects database: The 2012 revision (<http://esa.un.org/unpd/wpp/Excel-Data/population.htm>)

Monde : données générales pour 2012

World: General data for 2012

Année 2012 Year 2012	Population (millions hab) (Million inhab)	PIB (PPA milliards US\$2005) GDP (PPP billion US\$2005)	Consommation finale d'énergie ⁽¹⁾ (millions tep) Final consumption of energy ⁽¹⁾ (million toe)	Consommation d'électricité (TWh) Consumption of electricity (TWh)
Amérique OCDE ⁽²⁾ OECD America ⁽²⁾	484	17 371	1 838	4 924
dont Etats-Unis of which USA	314	14 232	1 501	4 069
Amérique non OCDE Non OECD America	467	5 340	465	979
dont Brésil of which Brazil	199	2 532	224	498
Europe OCDE ⁽³⁾ OECD Europe ⁽³⁾	558	15 220	1 275	3 381
Union européenne 28 European Union 28	507	14 157	1 139	3 103
dont France of which France	65	1 959	163	482
Non OCDE Europe et Eurasie ⁽⁴⁾ non OECD Europe and Eurasia ⁽⁴⁾	341	4 065	742	1 552
Moyen-Orient Middle East	213	4 184	453	790
Afrique Africa	1 083	4 177	539	641
Asie Asia	3 678	25 932	2 848	6 808
dont : of which:				
Chine China	1 358	13 289	1 711	4 737
Inde India	1 237	5 567	512	940
Asie Océanie OCDE ⁽⁵⁾ OECD Asia Oceania ⁽⁵⁾	213	6 612	583	1 841
Total Monde World Total	7 037	82 901	8 979	20 915
dont OCDE of which OECD	1 254	39 202	3 582	10 145

(1) A la différence des zones géographiques mentionnées, les données pour la France et les Etats-Unis comprennent les combustibles renouvelables et déchets - Unlike mentioned geographical areas, data for France and United States include combustible renewables and waste

(2) Etats-Unis, Canada, Chili & Mexique - USA, Canada, Chile & Mexico

(3) Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Luxembourg, Norvège, Pays Bas, Pologne, Portugal, République Slovaque, République Tchèque, Royaume Uni, Slovénie, Suède, Suisse, Turquie - Germany, Austria, Belgium, Denmark, Spain, Estonia, Finland, France, Greece, Hungary, Ireland, Iceland, Italy, Luxembourg, Norway, Netherlands, Poland, Portugal, Slovak Republic, Czech Republic, United Kingdom, Slovenia, Sweden, Switzerland, Turkey

(4) Albanie, Arménie, Azerbaïdjan, Belarus, Bosnie - Herzégovine, Bulgarie, Chypre, Croatie, Georgie, Gibraltar, Kazakhstan, Kirgizstan, Lettonie, Lituanie, Malte, République de Moldavie, Roumanie, République de Macédoine, Russie, Serbie, Tadjikistan, Turkménistan, Ukraine, Ouzbékistan - Albania, Armenia, Azerbaijan, Belarus, Bosnia - Herzegovina, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Georgia, Gibraltar, Kazakhstan, Kirgizstan, Latvia, Lithuania, FYR of Macedonia, Malta, Republic of Moldova, Romania, Russia, Serbia, Tajikistan, Turkmenistan, Ukraine, Uzbekistan

(5) Australie, Israël, Japon, Corée et Nouvelle Zélande - Australia, Israël, Japan, Korea & New Zealand

Source : Bilans Energétiques, AIE, éd 2014 Energy Balances, IEA, 2014 ed.

Monde : données générales pour 2012 (suite)

World: General data for 2012

Année 2012 Year 2012	Consommation finale d'énergie par habitant (kep/hab) Final consumption of energy per capita (koe/capita)	Consommation finale d'énergie par unité de PIB ⁽¹⁾ (kep/millier US\$2005) Final consumption of energy per GDP unit ⁽¹⁾ (koe/thousand US\$2005)	Consommation finale d'électricité par habitant (kWh/hab) Final consumption of electricity per capita (kWh/capita)	Consommation finale d'électricité par unité de PIB ⁽²⁾ (kWh/millier1 US\$2005) Final consumption of electricity per GDP unit ⁽²⁾ (kWh/thousand US\$2005)
Amérique OCDE ⁽³⁾ OECD America ⁽³⁾	3 801	106	10 181	283
dont Etats-Unis of which USA	4 775	105	12 947	286
Amérique latine Latin America	994	87	2 095	183
dont Brésil of which Brazil	1 129	89	2 508	197
Europe OCDE OECD Europe	2 286	84	6 063	222
Union européenne 28 European Union 28	2 245	80	6 116	219
dont France of which France	2 487	83	7 368	246
Non OCDE Europe et Eurasie ⁽⁴⁾ non OECD Europe and Eurasia ⁽⁴⁾	2 176	183	4 551	382
Moyen-Orient Middle East	2 123	108	3 704	189
Afrique Africa	498	129	592	154
Asie Asia	774	110	1 851	263
dont : of which:				
Chine China	1 260	129	3 488	356
Inde India	414	92	760	169
Asie Océanie OCDE ⁽⁵⁾ OECD Asia Oceania ⁽⁵⁾	2 738	88	8 641	278
Total Monde World Total	1 276	108	2 972	252
dont OCDE of which OECD	2 856	91	8 088	259

(1) Consommation finale d'énergie/ PIB Final consumption of energy/ GDP

(2) Consommation finale d'électricité / PIB Final consumption of electricity / GDP

(3) Etats-Unis, Canada, Chili & Mexique - USA, Canada, Chile & Mexico

(4) Australie, Israël, Japon, Corée et Nouvelle Zélande Australia, Israel, Japan, Korea and New Zealand

Source : Bilans Energétiques, AIE, éd 2014 Energy Balances, IEA, 2014 ed

Monde : approvisionnement total en énergie primaire *

World: total primary energy supply *

Mtoep Mtoe	1990	2000	2010	2011	2012	%/an %/year 1990- 2012
Amérique OCDE ⁽¹⁾ OECD America ⁽¹⁾	2 260	2 695	2 674	2 663	2 617	0,7
dont Etats-Unis of which USA	1 915	2 273	2 215	2 191	2 141	0,6
Amérique non OCDE Non OECD America	331	430	584	589	611	2,7
dont Brésil of which Brazil	140	187	266	270	282	3,0
Europe OCDE ⁽²⁾ OECD Europe ⁽²⁾	1 619	1 747	1 813	1 758	1 745	0,4
Union européenne 28 European Union 28	1 645	1 693	1 721	1 660	1 644	0,0
dont France of which France	224	252	261	253	252	0,6
Non OCDE Europe et Eurasie ⁽³⁾ non OECD Europe and Eurasia ⁽³⁾	1 537	1 003	1 131	1 182	1 194	-1,2
Moyen-Orient Middle East	211	356	631	637	681	5,2
Afrique Africa	391	497	693	709	733	2,7
Asie Asia	1 587	2 229	4 092	4 354	4 553	4,7
dont : of which:						
Chine China	879	1 175	2 541	2 762	2 909	5,3
Inde India	316	456	7 223	752	788	4,0
Asie Océanie OCDE ⁽⁴⁾ OECD Asia Oceania ⁽⁴⁾	643	851	913	886	887	1,5
Soutes maritimes internationales International marine bunkers	114	154	205	207	189	2,7
Soutes aviation internationales International aviation bunkers	87	119	154	160	161	2,8
Total Monde World Total	8 780	10 079	12 891	13 129	13 371	1,8
dont OCDE of which OECD	4 522	5 292	5 400	5 301	5 250	0,7

(1) Etats-Unis, Canada, Chili & Mexique - USA, Canada, Chile & Mexico

(2) Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Luxembourg, Norvège, Pays Bas, Pologne, Portugal, République Slovaque, République Tchèque, Royaume Uni, Slovénie, Suède, Suisse, Turquie - Germany, Austria, Belgium, Denmark, Spain, Estonia, Finland, France, Greece, Hungary, Ireland, Iceland, Italy, Luxembourg, Norway, Netherlands, Poland, Portugal, Slovak Republic, Czech Republic, United Kingdom, Slovenia, Sweden, Switzerland, Turkey

(3) Albanie, Arménie, Azerbaïdjan, Belarus, Bosnie-Herzégovine, Bulgarie, Chypre, Croatie, Georgie, Gibraltar, Kazakhstan, Kirghizstan, Lettonie, Lituanie, Malte, République de Moldavie, Roumanie, République de Macédoine, Russie, Serbie, Tadjikistan, Turkménistan, Ukraine, Ouzbékistan - Albania, Armenia, Azerbaïdjan, Belarus, Bosnia - Herzegovina, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Georgia, Gibraltar, Kazakhstan, Kirghyzstan, Latvia, Lithuania, FYR of Macedonia, Malta, Republic of Moldova, Romania, Russia, Serbia, Tajikistan, Turkmenistan, Ukraine, Uzbekistan

(4) Australie, Israël, Japon, Corée et Nouvelle Zélande - Australia, Israël, Japan, Korea & New Zealand

* Approvisionnement Total en Energies Primaires : Production+Importations-Exportations-soutages maritimes internationaux ± variations des stocks

* Total Primary Energy Supply: Production+ Imports-Exports- international marine bunkers± stock changes

Source : Bilans Energétiques, AIE, éd 2014 Energy Balances, IEA, 2014 ed

Monde : scénario de référence* pour l'approvisionnement total en énergie primaire

World: reference* scenario for primary energy supply

	1990		2011		2020		2030	
	Mtep Mtoe	%	Mtep Mtoe	%	Mtep Mtoe	%	Mtep Mtoe	%
Amérique OCDE ⁽¹⁾ <i>OECD America</i> ⁽¹⁾	2 260	26	2 663	21	2 836	19	2 953	17
Amérique latine <i>Latin America</i>	331	4	586	5	735	5	902	5
Europe OCDE ⁽²⁾ <i>OECD Europe</i> ⁽²⁾	1 630	19	1 778	14	1 788	12	1 807	11
UE 28 <i>EU 28</i>	1 642	19	1 659	13	1 635	11	1 636	10
Europe de l'Est /Eurasie ⁽³⁾ <i>Eastern Europ / Eurasia</i> ⁽³⁾	1 539	18	1 159	9	1 249	8	1 373	8
Moyen-Orient <i>Middle East</i>	212	2	640	5	810	5	1 015	6
Afrique <i>Africa</i>	388	5	698	5	844	6	987	6
Asie non OCDE <i>Non OECD Asia</i>	1 578	18	4 324	33	5 773	38	7 130	41
dont : of which:								
Inde <i>India</i>	317	4	750	6	1 005	7	1 421	8
Chine <i>China</i>	879	10	2 743	22	3 690	25	4 360	25
Asie Océanie OCDE ⁽⁴⁾ <i>OECD Asia Oceania</i> ⁽⁴⁾	631	7	863	7	921	6	939	5
Total	8 569	100	12 711	100	14 956	100	17 106	100
dont OCDE of which OECD	4 522	53	5 304	42	5 545	37	5 699	33
Monde <i>World</i>	8 768	100	13 069	100	15 359	100	17 572	100
dont : of which:								
Charbon <i>Coal</i>	2 230	25	3 773	29	4 483	29	5 152	29
Pétrole <i>Oil</i>	3 231	37	4 108	31	4 546	30	4 901	28
Gaz <i>Gas</i>	1 668	19	2 787	21	3 335	22	4 007	23
Nucléaire <i>Nuclear</i>	526	6	674	5	866	6	990	6
Hydraulique <i>Hydro</i>	184	2	300	2	379	2	442	3
Biomasse et déchets <i>Biomass & Waste</i>	893	10	1 300	10	1 472	10	1 639	9
Autres renouvelables <i>Other renewables</i>	36	0,4	127	1,0	278	2	441	3

* Seule prise en compte des politiques déjà adoptées et mises en places.

* Only taking into account policies already formally adopted and implemented

La différence entre les totaux par région et par énergie provient des soutes maritimes internationales.

The difference between total by region and by energy comes from international marine bunkers.

(1) Etats-Unis, Canada, Chili et Mexique - *USA, Canada, Chile and Mexico*

(2) Union européenne 15, Hongrie, Islande, Norvège, Pologne, Rép. Slovaque, Rép. Tchèque, Suisse et Turquie - *European Union 15, Hungary, Island, Norway, Poland, Slovak Rep., Czech Rep., Switzerland and Turkey*

(3) Albanie, Arménie, Azerbaïdjan, Belarus, Bosnie - Herzégovine, Bulgarie, Chypre, Croatie, Georgie, Gibraltar, Kazakhstan, Kirghyzstan, Lettonie, Lituanie, Malte, République de Moldavie, Roumanie, République de Macédoine, Russie, Serbie, Tadjikistan, Turkménistan, Ukraine, Ouzbékistan - *Albania, Armenia, Azerbaijan, Belarus, Bosnia - Herzegovina, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Georgia, Gibraltar, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Latvia, Lithuania, FYR of Macedonia, Malta, Republic of Moldova, Romania, Russia, Serbia, Tajikistan, Turkmenistan, Ukraine, Uzbekistan*

(4) Australie, Corée du Sud, Japon et Nouvelle Zélande - *Australia, South Korea, Japan & New Zealand*

Nota : Approvisionnement = Production + Imports - Exports - soutes maritimes internationales ± variations de stocks

Nota: Supply = Production + Import - Exports - international marine bunkers ± stock changes

Source : World Energy Outlook 2013, AIE - World Energy Outlook 2013, IEA

Monde : consommation finale d'énergie en 2012

World: final consumption of energy for 2012

(Mtep) (Mtoe)	Charbon Coal	Pétrole Oil	Gaz naturel Natural gas	Géothermie solaire, etc Geothermal, solar, etc	Biocarburants & déchets Biofuels & waste	Chaleur Heat	Electricité Electricity	Total
Amérique OCDE ⁽¹⁾ OECD America ⁽¹⁾	27	900	369	2	89	7	389	1 783
dont Etats-Unis of which USA	22	719	297	2	66	7	321	1 433
Amérique non OCDE Non OECD America	11	222	66	1	85	-	80	465
dont Brésil of which Brazil	8	106	13	0	57	-	41	224
Europe OCDE ⁽²⁾ OECD Europe ⁽²⁾	53	500	268	5	80	46	264	1 218
Union européenne 27 European Union 27	38	469	259	nd	nd	nd	241	1 139
dont France of which France	3	70	30	0	12	3	37	155
Europe non OCDE et Eurasie ⁽³⁾ Non OECD Europe and Eurasia ⁽³⁾	57	189	218	0	15	156	108	742
Moyen-Orient Middle East	2	219	167	0	1	-	63	453
Afrique Africa	20	143	32	0	294	-	51	539
Asie Asia	699	825	174	18	535	72	542	2 904
dont : of which:								
Chine China	559	425	81	17	199	71	374	1 767
Inde India	88	148	26	1	173	-	75	512
Asie Océanie OCDE ⁽⁴⁾ OECD Asia Oceania ⁽⁴⁾	40	304	72	2	11	6	147	582
Total Monde World total	909	3 652	1 366	28	1 111	287	1 626	8 979
dont OCDE of which OECD	121	1 705	709	9	181	59	799	3 582

(1) Etats-Unis, Canada, Chili & Mexique USA, Canada, Chile & Mexico

(2) Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Luxembourg, Norvège, Pays Bas, Pologne, Portugal, République Slovaque, République Tchèque, Royaume Uni, Slovaquie, Suède, Suisse, Turquie - Germany, Austria, Belgium, Denmark, Spain, Estonia, Finland, France, Greece, Hungary, Ireland, Iceland, Italy, Luxembourg, Norway, Netherlands, Poland, Portugal, Slovak Republic, Czech Republic, United Kingdom, Slovenia, Sweden, Switzerland, Turkey

(3) Albanie, Arménie, Azerbaïdjan, Belarus, Bosnie-Herzégovine, Bulgarie, Chypre, Croatie, Georgie, Gibraltar, Kazakhstan, Kirghizstan, Lettonie, Lituanie, Malte, République de Moldavie, Roumanie, République de Macédoine, Russie, Serbie, Tadjikistan, Turkménistan, Ukraine, Ouzbékistan - Albania, Armenia, Azerbaijan, Belarus, Bosnia - Herzegovina, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Georgia, Gibraltar, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Latvia, Lithuania, FYR of Macedonia, Malta, Republic of Moldova, Romania, Russia, Serbia, Tajikistan, Turkmenistan, Ukraine, Uzbekistan

(4) Australie, Israël, Japon, Corée et Nouvelle Zélande - Australia, Israël, Japan, Korea & New Zealand

Nota : à la différence des zones géographiques mentionnées, les données pour la France et les Etats-Unis comprennent les combustibles renouvelables et déchets (la différence entre somme des colonnes et Total provient de la consommation de chaleur non issue de combustible) - Unlike mentioned geographical areas, data for France and United States include combustible renewables and waste (the difference between the sum of columns and total is due to heat not coming from combustible)

Source : Bilans Energétiques, AIE éd 2014 Energy Balances, IEA, 2014 ed

Monde : scénario de référence* pour la consommation finale d'énergie

World: reference* scenario for final consumption of energy

	1990		2010		2020		2030	
	Mtep Mtoe	%	Mtep Mtoe	%	Mtep Mtoe	%	Mtep Mtoe	%
Amérique OCDE ⁽¹⁾ OECD America ⁽¹⁾	1 548	25	1 833	22	1 979	20	2 041	18
Amérique latine Latin America	251	4	434	5	578	6	706	6
dont Brésil of whic Brazil	112	2	211	3	289	3	365	3
Europe OCDE ⁽²⁾ OECD Europe ⁽²⁾	1 130	19	1 288	15	1 276	13	1 319	11
UE 28 EU 28	1 124	18	1 194	14	1 166	11	1 194	10
Europe de l'Est/Eurasie ⁽³⁾ Easter Europe/Eurasia ⁽³⁾	1 058	17	715	9	828	8	925	8
Moyen-Orient Middle East	146	2	402	5	550	5	712	6
Afrique Africa	291	5	513	6	634	6	737	6
Asie non OCDE Non OECD Asia	1 221	20	2 569	31	3 708	37	4 544	39
dont Inde of which India	252	4	462	6	658	6	907	8
dont Chine of which China	672	11	1 506	18	2 261	22	2 663	23
OCDE Asie Océanie ⁽⁴⁾ OECD Asia Oceania ⁽⁴⁾	431	7	570	7	591	6	593	5
Monde World	6 076	100	8 324	100	10 144	100	11 577	100
dont OCDE of which OECD	3 109	51	3 691	44	3 845	38	3 953	34
Monde World	6 273	100	8 679	100	10 547	100	12 044	100
dont of which								
Charbon Coal	773	12	853	10	1 095	10	1 138	9
Pétrole Oil	2 593	41	3 557	41	4 138	39	4 614	38
Gaz Gas	942	15	1 329	15	1 692	16	2 008	17
Electricité Electricity	833	13	1 537	18	2 082	20	2 629	22
Chaleur Heat	333	5	278	3	312	3	334	3
Biomasse et déchets Biomass & Waste	795	13	1 103	13	1 183	11	1 255	10
Autres Renouvelables Other renewables	4	0,1	22	0,3	45	0,4	66	0,5

* Seule prise en compte des politiques déjà adoptées et mises en place.

* Only taking into account policies already formally adopted and implemented.

La différence entre les totaux par région et par énergie provient des soutes maritimes internationales.

The difference between total by region and by energy comes from international marine bunkers.

(1) Etats-Unis, Canada, Chili et Mexique USA, Canada, Chile and Mexico

(2) Union européenne 15, Hongrie, Islande, Norvège, Pologne, Rép. Slovaque, Rép. Tchèque, Suisse et Turquie - European Union 15, Hungary, Island, Norway, Poland, Slovak Rep., Czech Rep., Switzerland and Turkey

(3) Albanie, Arménie, Azerbaïdjan, Belarus, Bosnie-Herzégovine, Bulgarie, Chypre, Croatie, Georgie, Gibraltar, Kazakhstan, Kirgizstan, Lettonie, Lituanie, Malte, Rép. de Moldavie, Roumanie, Rép. de Macédoine, Russie, Serbie, Tadjikistan, Turkménistan, Ukraine, Ouzbékistan - Albania, Armenia, Azerbaïdjan, Belarus, Bosnia - Herzegovina, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Georgia, Gibraltar, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Latvia, Lithuania, FYR of Macedonia, Malta, Republic of Moldova, Romania, Russia, Serbia, Tajikistan, Turkmenistan, Ukraine, Uzbekistan

(4) Australie, Corée du Sud, Japon et Nouvelle Zélande - Australia, South Korea, Japan & New Zealand

Source : World Energy Outlook 2013, AIE World Energy Outlook 2013, IEA

Europe : données générales pour 2012

Europe: general data for 2012

Année 2012 Year 2012	Population (millions habitants) (million inhabitants)	PIB (PPA milliards US\$2005) GDP (PPP billion US\$2005)	Approvision- nement en énergie primaire (millions tep) Primary energy supply (million toe)	Consommation finale d'énergie (millions tep) Final consumption of energy (million toe)	Consommation d'électricité (TWh) Electricity consumption (TWh)
Allemagne Germany	81,9	2 851	313	221	585
Autriche Austria	8,4	306	33	27	72
Belgique Belgium	11,1	364	56	42	89
Bulgarie Bulgaria	7,3	89	18	10	35
Chypre Cyprus	0,9	20	2	2	5
Danemark Denmark	5,6	181	17	14	34
Espagne Spain	46,2	1 220	125	85	261
Estonie Estonia	1,3	25	6	3	9
Finlande Finland	5,4	171	33	25	85
France	65,4	1 959	252	155	482
Grèce Greece	11,1	234	27	17	61
Hongrie Hungary	9,9	169	23	16	39
Irlande Ireland	4,6	166	13	10	26
Italie Italy	60,9	1 605	159	123	321
Lettonie Latvia	2,0	32	4	4	7,3
Lituanie Lithuania	3,0	56	7	6	11
Luxembourg	0,5	35	4	4	8
Malte Malta	0,4	10	1	0,4	2
Pays-Bas Netherlands	16,8	611	79	61	115
Pologne Poland	38,5	706	98	67	148
Portugal	10,6	221	21	17	50
Rép. Tchèque Czech Republic	10,5	250	43	26	66
Rép. Slovaque Slovak Republic	5,4	115	17	10	28
Roumanie Romania	20,1	240	35	24	52
Royaume-Uni United Kingdom	63,7	2 069	192	128	347
Slovénie Slovenia	2,1	50	7	5	14
Suède Sweden	9,5	332	50	33	136
Union européenne (27) European Union (27)	507	14 157	1 644	1 139	3 103

Nota: Approvisionnement en énergies primaires = Production + Importations - Exportations - soutages maritimes internationaux ± variations des stocks

Primary energy supply = Production + Imports - Exports - international marine bunkers ± stock changes

Les combustibles renouvelables et déchets ne sont pas inclus pour les pays non-OCDE (Bulgarie, Chypre, Malte, Roumanie, Slovaquie et Etats Baltes) - Combustible Renewables and waste are not included for non-OECD countries (Bulgaria, Cyprus, Malta, Romania, Slovenia and Baltic States)

Source : Bilans Energétiques, AIE, éd 2014 Energy Balances, IEA, 2014 ed

Europe : données générales pour 2012

Europe: general data for 2012

Année 2012 Year 2012	Consommation finale d'énergie par unité de PIB ⁽¹⁾ (kcp/millier US\$2000) Final energy consumption per GDP unit ⁽¹⁾ (koe/thousand US\$2000)	Consommation d'électricité par habitant (kWh/hab) Electricity consumption per head (kWh/head)	Consommation d'électricité par unité de PIB ⁽²⁾ (kWh/millier US\$2000) Electricity consumption per GDP unit ⁽²⁾ (kWh/thousand US\$2000)
Allemagne Germany	78	7 137	205
Autriche Austria	89	8 505	234
Belgique Belgium	115	8 045	244
Bulgarie	107	4 793	393
Chypre Cyprus	74	5 089	224
Danemark Denmark	76	6 047	187
Espagne Spain	69	5 648	214
Estonie Estonia	116	6 642	351
Finlande Finland	147	15 693	497
France	79	7 368	246
Grèce Greece	73	5 509	261
Hongrie Hungary	96	3 921	230
Irlande Ireland	62	5 664	157
Italie Italy	76	5 277	200
Lettonie Latvia	125	3 650	228
Lituanie Lithuania	107	3 593	192
Luxembourg	110	14 717	223
Malte Malta	37	4 993	206
Pays-Bas Netherlands	100	6 872	188
Pologne Poland	94	3 851	210
Portugal	75	4 707	225
Rép. Tchèque Czech Republic	103	6 308	265
Rép. Slovaque Slovak Republic	89	5 139	242
Roumanie	100	2 599	218
Royaume-Uni United Kingdom	62	5 451	168
Slovénie Slovenia	99	6 748	276
Suède Sweden	99	14 286	409
Union européenne (27) European Union (27)	80	6 115	219

(1) Consommation finale d'énergie / PIB Final consumption of energy / GDP

(2) Consommation finale d'électricité / PIB Final consumption of electricity/ GDP

Les combustibles renouvelables et déchets ne sont pas inclus pour les pays non-OCDE (Bulgarie, Chypre, Malte, Roumanie, Slovénie et Etats Baltes) - Combustible Renewables and waste are not included for non-OECD countries (Bulgaria, Cyprus, Malta, Romania, Slovenia and Baltic States)

Source : Bilans Energétiques, AIE, éd 2014 Energy Balances, IEA, 2014 ed

Europe : consommation de biocarburants destinés au transport dans l'UE en 2013*
 Europe: biofuel consumption for transport in the European Union in 2013*

Ktep Ktoe	Bioethanol Bioethanol	Biodiesel Biodiesel	Biogaz carburant	Autres** Others**	Consommation totale Total Consumption
Allemagne Germany	777,7	1 954,8	34,9	0,9	2 768,3
Autriche Austria	55,3	425,1	0	0	480,4
Belgique Belgium	49,0	282,8	0	0	331,8
Bulgarie Bulgaria	0	85,9	0	0	85,9
Chypre Cyprus	0	15,9	0	0	15,9
Croatie Croatia	1,2	29,0	0	0	30,2
Danemark Denmark	0	297,4	0	0	297,4
Espagne Spain	180,3	816,5	0	0	996,7
Estonie Estonia	0	0	0	0	0
Finlande Finland	93,5	118,4	0,9	0	212,8
France	393,5	2 293,3	0	0	2 686,9
Grèce Greece	0	138,6	0	0	138,6
Hongrie Hungary	23,7	66,5	0	16,5	106,7
Irlande Ireland	29,1	73,1	0	0,1	102,3
Italie Italy	56,2	1 169,2	0	0	1 225,4
Lettonie Latvia	6,5	12,4	0	0	18,8
Lituanie Lithuania	6,8	51,9	0	0	58,7
Luxembourg	0,6	52,7	0	0,1	53,5
Malte Malta	0	4,4	0	0	4,4
Pays-Bas Netherlands	125,1	194,4	0	0	319,5
Pologne Poland	170,2	744,1	0	0	914,3
Portugal	4,7	273,6	0	0	278,3
Rép. Tchèque Czech Republic	51,8	221,0	0	0	272,8
Rép. Slovaque Slovak Republic	55,9	79,6	0	0	135,4
Roumanie Romania	36,9	159,4	0	10,1	206,3
Royaume-Uni United Kingdom	410,8	603,8	0	0	1 014,5
Slovénie Slovenia	5,6	51,3	0	0	56,9
Suède Sweden	181,3	535,8	85,2	0	802,3
Union européenne (28) European Union (28)	2 715,7	10 751,0	121,1	27,7	13 615,4

* Estimation

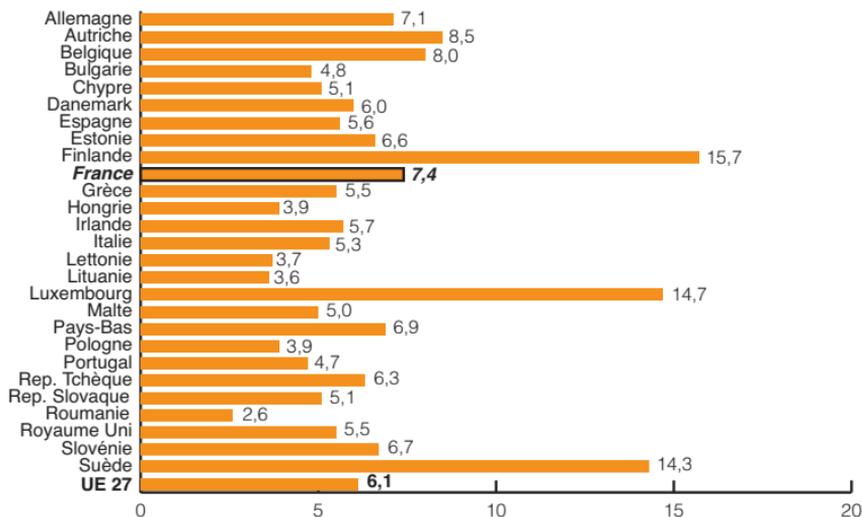
** Huiles végétales utilisées pures et biocarburants non spécifiés

** Pure vegetable oils used and not specified biofuels

Source : EurObserver 2014

Consommation d'électricité par habitant (MWh/hab)

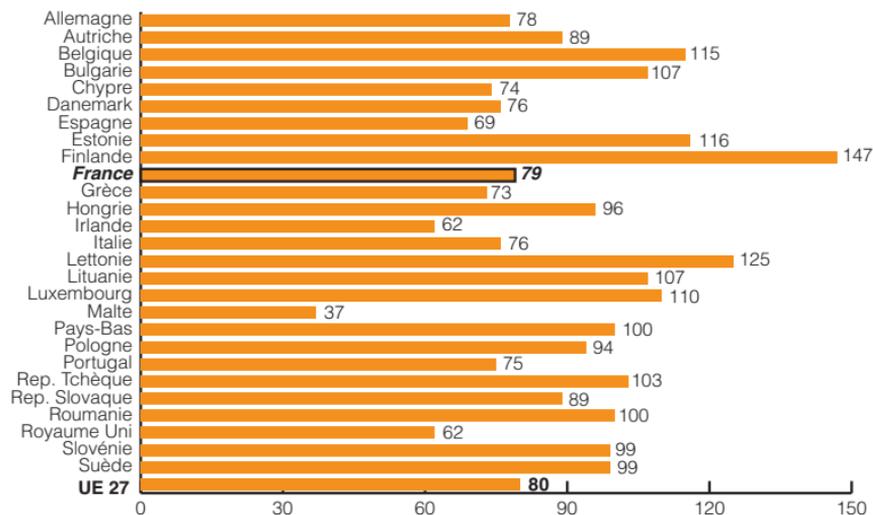
Electricity consumption per head (MWh/capita)



Source : Bilans Energétiques, AIE, éd 2014 Energy Balances, IEA, 2014 ed

Consommation finale d'énergie par unité de PIB ⁽¹⁾ (kpe/millier US\$2005)

Final energy consumption per GDP unit ⁽¹⁾ (koe/thousand US\$2005)



Source : Bilans Energétiques, AIE, éd 2014 Energy Balances, IEA, 2014 ed

France : consommation d'énergie primaire (corrigée du climat) par énergie

France: primary energy consumption (corrected for climate) by fuel

Mtep Mtoe	1973	1980	1990	2000	2010	2013	%an 1973-2013 %/Year	Parts (%) Share (%)	
								1973	2013
Charbon <i>Coal</i>	28	31	19	14	12	12	-2,1	15,5	4,5
Pétrole <i>Oil</i>	122	107	88	95	81	78	-1,1	67,6	30,0
Gaz <i>Gas</i>	13	21	26	38	40	38	2,6	7,3	14,4
Electricité primaire ⁽¹⁾ <i>Primary electricity ⁽¹⁾</i>	8	22	83	109	115	114	6,8	4,3	44,1
Energies renouvelables thermiques et déchets <i>Thermal renewable energies and waste</i>	9	8	11	13	16	17	1,5	5,2	6,7
Total	180	190	228	269	264	260	0,9	100	100

(1) Nucléaire + hydraulique, éolien et photovoltaïque *Nuclear + hydro, wind & photovoltaic*

Source : Bilan énergétique de l'année 2013 de la France, Service de l'Observation et des Statistiques

France : consommation d'énergie finale (corrigée du climat) par énergie

France: final energy consumption (corrected for climate) by fuel

Mtep Mtoe	1973	1980	1990	2000	2010	2013	%an 1973-2013 %/Year	Parts (%) Share (%)	
								1973	2013
Charbon <i>Coal</i>	18	13	10	7	6	6	-2,8	13,2	3,6
Pétrole <i>Oil</i>	85	78	71	74	66	63	-0,7	63,9	41,1
Gaz <i>Gas</i>	9	17	23	33	32	32	3,2	6,5	20,7
Electricité <i>Electricity</i>	13	18	26	34	38	38	2,7	9,7	24,7
Energies renouvelables thermiques <i>Thermal renewable energies</i>	9	8	11	11	14	15	1,3	6,7	9,9
Total	134	134	141	159	155	154	0,3	100	100

Source : Bilan énergétique de l'année 2013 de la France, Service de l'Observation et des Statistiques

France : consommation d'énergie finale (corrigée du climat) par secteur

France: final energy consumption (corrected for climate) by sector

Mtep Mtoe	1973	1980	1990	2000	2010	2013	%/an 1973 2013 %/Year	Parts (%) Share (%)	
								1973	2013
Industrie Industry	48	45	38	39	34	33	-0,9	33	20
dont sidérurgie of which iron and steel industry	13	11	7	6	5	5	-2,2	9	3
Résidentiel- tertiaire Residential-tertiary	56	54	58	67	68	69	0,5	39	42
Agriculture	4	3	4	3	4	5	0,4	2	3
Transports	26	32	41	49	49	49	1,6	18	29
Total énergétique Energy total	134	134	141	158	155	154	0,4	92	93
Total non énergétique Not energy total	11	12	12	17	12	11	0,2	8	7
Total	145	146	153	175	167	165	0,4	100	100

Source : Bilan énergétique de l'année 2013 en France, Observatoire de l'énergie

France : deux scénarios retenus dans le cadre du DNTE (Débat national sur la transition énergétique)

France: two retained scenarios in the DNTE context (National debate on energetic transition)

DIV *	2010 %	2030 %	2050 %
Pétrole Oil	42,1	26,5	16,3
Gaz naturel Natural gas	20,8	20,6	13,6
Charbon Coal	3,7	2,4	0,9
Electricité Electricity	24,5	28,4	26,7
Renouvelables et autres Renewable and others	8,9	22,1	42,4
Total énergétique	100	100	100
EFF **	2010 %	2030 %	2050 %
Pétrole Oil	42,1	34,2	7,2
Gaz naturel Natural gas	20,8	19,3	14,5
Charbon Coal	3,7	4,1	4,9
Electricité Electricity	24,5	26,3	40,0
Renouvelables et autres Renewable and others	8,9	16,0	33,4
Total énergétique	100	100	100

* DIV : diversification des vecteurs énergétiques avec cogénération (valeurs réajustées) - diversification of energetic vectors with cogeneration (adjusted values)

** EFF : efficacité énergétique et développement de l'offre renouvelable - energetic efficiency and renewable supply development

Source : Ancre

Source : Ademe

France : bilans électriques

France: electricity balances

TWh	Consommation Consumption		Echanges avec l'étranger (3) Balance (3)	Production intérieure Inland Production				Total
	Intérieure (1) Inland (1)	Nette (2) Net (2)		Thermique classique Conventional Thermal	Hydraulique Hydro	Nucléaire Nuclear	Autres renouvelables Other renewables	
1950	33	29	0	17	16	-	-	33
1955	50	44	0	24	26	-	-	50
1960	72	65	0	32	41	0	-	72
1965	102	94	1	54	46	1	-	101
1970	140	130	-1	79	57	5	-	141
1975	181	168	3	101	60	17	-	179
1980	249	232	3	119	70	58	-	247
1985	303	280	-23	52	64	213	-	329
1990	350	323	-46	45	57	298	-	400
1995	397	369	-70	37	76	359	-	471
2000	441	411	-69	50	72	395	-	517
2005	482	450	-60	59	56	430	4	549
2007	480	448	-56	55	63	419	7,9	545
							(dont éolien : 4)	
2008	495	461	-47	53	68	418	9,6	549
							(dont éolien : 5,6)	
2009	486	453	-25	55	62	390	12,2	519
							(dont éolien : 7,8)	
2010	513	476	-30	59	68	408	15	550
							(dont éolien : 9,6, photovoltaïque : 0,6)	
2011	478	443	-57	51	50	421	19,3	542
							(dont éolien : 11,9, photovoltaïque : 1,8)	
2012	489	453	-45	48	64	405	24,7	541
							(dont éolien : 14,9, photovoltaïque : 3,9)	
2013	495	460	-47	45	76	404	26,8	551
							(dont éolien : 15,9, photovoltaïque : 4,6)	

(1) La consommation intérieure est égale à la somme de la production nationale et des échanges d'électricité, déduction faite de l'énergie de pompage **Inland consumption equals domestic generation plus imports minus exports & energy used for pumping**

(2) La consommation nette est égale à la consommation intérieure moins les pertes de transport et de distribution **Net consumption equals inland consumption minus transportation and distribution losses**

(3) Echanges : Importations (+), Exportations (-) **Balance: Imports (+), Exports (-)**

Source : RTE (Bilan électrique 2013)

France : bilan de l'énergie en 2013

France: energy balance for 2013

Mtep	Mtoe	Charbon Coal		Pétrole Oil		Gaz Gas		Electricité Electricity		ENR th et déchets RF and waste (3)	Total (4)	
		Houille Lignite (1) Hard coal, lignite (1)	Coke, agglomérés Coke, briquettes	Brut Crude	Raffiné Refined	Naturel Natural	Industriels Industrial	Production brute (2) Gross production	Consom- mation Consumption			
Approvisionnement Supply												
Total disponibilités Total availability		11,82		56,09	22,26	38,62		114,61		18,34	261,74	
Production énergie primaire Primary energy production		0,13		0,79	1,04	0,29		110,41		18,09	139,12	
Importations Imports		10,56	0,6	55,97	42,49	43,31		1,01		0,48	153,40	
Exportations Exports		-0,1	0	-0,07	-19	-4		-5,17		-0,2	-29,23	
Stocks (5)		0,8	-0,1	-0,6	0	0					0,56	
Soutes maritimes internationales International marine bunkers						-2,11					-2,11	
Emplois Employment												
Consommation branche énergie (A) Energy branch consumption (A)		8,44	-2,17	56,09	-51,36	3,77	0,41	-4,65	81,05	2,57	94,15	
Raffinage Refining				55,67	-52,55	0,61			-0,09	0,25	3,89	
Production d'électricité thermique Thermal electricity production		4,92			0,64	1,89	0,64	-4,56		2,24	5,77	
Usages internes Internal uses		2,86	-2,3			0,5	-0,22		3,53	0,33	4,72	
Pertes et ajustements Losses and adjustments		0,66	0,13	0,42	0,55	0,77	-0,01	77,26			79,77	
Consommation finale énergétique (corrigée du climat) (B) Final energy consumption (corrected for climate) (B)												
		2,93	2,54			63,8	33,41	-0,41	38,22	15,77	156,25	
Sidérurgie Steel industry		1,61	2,3			0,02	0,54	-0,42	0,88	4,94		
Industries Industries		1,06	0,22			4,8	9,92			9,2	1,81	26,99

(1) Ainsi que Produits de récupération also recovered products

(2) Dont : - hydraulique et éolien: 8,37 Mtep including: - hydro and wind 8.37 Mtoe
- nucléaire 110,41 Mtep - nuclear 110.41 Mtoe

(3) ENR thermiques : énergies renouvelables thermiques (bois, déchets de bois, solaire thermique...)
Renewable fuels: renewable thermal energies (wood, wood waste, thermal solar)

(4) Du fait d'arrondis, certains écarts peuvent être constatés sur certains totaux

Rounding of values may result in differences in some totals

(5) + : destockage ; - : stockage + : withdrawal ; - : stocking

Source : Statistiques énergétiques France, 2014, Observatoire de l'énergie

France : bilan de l'énergie en 2013 (suite)

France: energy balance for 2013

Mtep Mtoe	Charbon Coal		Pétrole Oil		Gaz Gas		Electricité Electricity		ENR th et déchets RF and waste (3)	Total (4)
	Houille Lignite (1) Hard coal, lignite (1)	Coke, agglomérés Coke, briquettes	Brut Crude	Raffiné Refined	Naturel Natural	Industriels Industrial	Production brute (2) Gross production	Consomma- tion		
2013										
Résidentiel Tertiaire Residential Tertiary	0,26	0,03		10,66	22,62			26,31	11,16	71,03
Agriculture				3,48	0,25			0,74	0,15	4,62
Transports (6)				44,84	0,09			1,08	2,65	48,66
Consommation finale non-énergétique (C) (corrigée du climat) Final non-energy consumption (C) (corrected for climate)		0,08		9,83	1,44					11,35
Consommation totale d'énergie primaire (corrigée du climat) (A+B+C) Total primary energy consumption (corrected for climate) (A+B+C)		11,82		78,35	38,62			114,61	18,34	261,74

(1) Ainsi que Produits de récupération also recovered products

(2) Dont : - hydraulique et éolien: 8,37 Mtep including: - hydro and wind 8.37 Mtoe
- nucléaire 110,41 Mtep - nuclear 110.41 Mtoe

(3) ENR thermiques : énergies renouvelables thermiques (bois, déchets de bois, solaire thermique...)
Renewable fuels: renewable thermal energies (wood, wood waste, thermal solar)

(4) Du fait d'arrondis, certains écarts peuvent être constatés sur certains totaux
Rounding of values may result in differences in some totals

(5) + : destockage ; - : stockage + : withdrawal ; - : stocking

(6) Hors soutes maritimes internationales Excepting international marine bunkers

Source : Statistiques énergétiques France, 2014, Observatoire de l'énergie

PRODUCTION

Monde : capacités électriques installées en 2011

World: 2011 electricity installed capacities

(GW) 2011	Thermique conventionnel Conventional thermal	Hydraulique Hydroelectric	Nucléaire Nuclear	Renouvelables et déchets (hors hydraulique) Renewable and waste (excepting hydro)	Total
OCDE Americas ⁽¹⁾ North America ⁽¹⁾	934	194	123	81	1 332
dont Etats-Unis of which United States	840	101	108	70	1 119
Amérique Latine Latin America	90	143	3	13	249
dont Brésil of which Brazil	20	82	2	10	114
Europe OCDE ⁽²⁾ OECD Europe ⁽²⁾	501	198	131	185	1 015
dont UE 27 of which EU 27	481	147	131	183	942
Europe de l'Est / Eurasie ⁽³⁾ Eastern Europ / Eurasia ⁽³⁾	283	92	43	5	423
Moyen-Orient Middle East	224	13	1	1	239
Afrique Africa	123	27	2	3	155
Asie non OCDE Non OECD Asia	1 148	324	23	105	1 600
dont Chine of which China	788	230	13	74	1 105
dont Inde of which India	148	42	5	20	215
OCDE Asie Océanie ⁽⁴⁾ OECD Asia Oceania ⁽⁴⁾	287	69	66	21	443
Total Monde World Total	3 592	1 060	391	413	5 456

(1) Etats-Unis, Canada, Chili et Mexique - USA, Canada, Chile and Mexico

(2) Union européenne 15, Hongrie, Islande, Norvège, Pologne, Rép. Slovaque, Rép. Tchèque, Suisse et Turquie - European Union 15, Hungary, Island, Norway, Poland, Slovak Rep., Czech Rep., Switzerland and Turkey

(3) Albanie, Arménie, Azerbaïdjan, Belarus, Bosnie - Herzégovine, Bulgarie, Chypre, Croatie, Georgie, Gibraltar, Kazakhstan, Kirgystan, Lettonie, Lituanie, Malte, Ré. de Moldavie, Roumanie, Rép. de Macédoine, Russie, Serbie, Tadjikistan, Turkménistan, Ukraine, Ouzbékistan - Albania, Armenia, Azerbaïdjan, Belarus, Bosnia - Herzegovina, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Georgia, Gibraltar, Kazakhstan, Kirgystan, Latvia, Lithuania, FYR of Macedonia, Malta, Republic of Moldova, Romania, Russia, Serbia, Tajikistan, Turkmenistan, Ukraine, Uzbekistan

(4) Australie, Corée du Sud, Japon et Nouvelle Zélande - Australia, South Korea, Japan & New Zealand

Source : WEO 2013

Production d'électricité d'origine nucléaire par pays fin 2013

Electricity generation from nuclear power plants by country at the end of 2013

Pays Countries	Production électrique totale (TWh nets) Net total generation	Production électrique nucléaire (TWh nets) Net nuclear generation	Part du nucléaire ⁽¹⁾ dans la production % Nuclear share ⁽¹⁾
Afrique du Sud South Africa	238,6	13,6	5,7
Allemagne Germany	598,1	92,1	15,4
Argentine Argentina	129,5	5,7	4,4
Arménie Armenia	7,5	2,2	29,2
Belgique Belgium	77,9	40,6	52,1
Brésil Brazil	492,9	13,8	2,8
Bulgarie Bulgaria	43,3	13,3	30,7
Canada	589,4	94,3	16
Chine China	4 990,5	104,8	2,1
Corée du Sud South Korea	480,1	132,5	27,6
Espagne Spain	275,6	54,3	19,7
Etats-Unis USA	4 073,2	790,2	19,4
Finlande Finland	68,2	22,7	33,3
France	553,8	405,9	73,3
Hongrie Hungary	28,6	14,5	50,7
Inde India	857,1	30	3,5
Iran	260,0	3,9	1,5
Japon Japan	817,6	13,9	1,7
Mexique Mexico	247,8	11,4	4,6
Pakistan	100,0	4,4	4,4
Pays-Bas Netherlands	96,4	2,7	2,8
Rép.tchèque Czech Republic	80,8	29	35,9
Roumanie Romania	54,0	10,7	19,8
Royaume-Uni United Kingdom	350,3	64,1	18,3
Russie Russia	924,0	161,7	17,5
Slovaquie Slovakia	28,2	14,6	51,7
Slovénie Slovenia	14,9	5	33,6
Suède Sweden	149,2	63,7	42,7
Suisse Switzerland	68,7	25	36,4
Taiwan (Chine / China)	208,4	39,8	19,1
Ukraine Ukraine	179,4	78,2	43,6
Pays non nucléaires	-	-	-
Total	22 752,2 ⁽²⁾	2 358,6	10,37

(1) Part du nucléaire dans la production totale - Share of nuclear electricity in total electricity generation
Source : AIEA (base de données PRIS), IAEA (PRIS Database)

Monde : production d'électricité par source en 2012

World: electricity generation by fuel for 2012

%	Charbon Coal	Pétrole Oil	Gaz naturel Natural gas	Nucléaire Nuclear	Hydraulique Hydro	Autres Others	Total
Amérique OCDE ⁽¹⁾ OECD America ⁽¹⁾	33,5	1,9	28,4	17,2	13,5	5,5	100
dont Etats-Unis of which USA	38,5	0,8	29,6	18,8	6,5	5,9	100
Amérique non OCDE Non OECD America	2	13,0	16,9	1,9	60,9	5,0	100
dont Brésil of which Brazil	2,6	3,5	8,5	2,9	75,2	7,3	100
Europe OCDE ⁽²⁾ OECD Europe ⁽²⁾	26,5	1,8	18,6	24,4	15,6	13,0	100
Union européenne 28 European Union 28	28,6	2,2	17,8	27,0	10,3	14,1	100
dont France of which France	3,9	0,8	3,9	76,1	10,5	4,9	100
Non OCDE Europe et Eurasie ⁽³⁾ Non OECD Europe and Eurasia ⁽³⁾	24,0	2,3	39,8	17,1	16,2	0,6	100
Moyen-Orient Middle East	0,0	36,2	61,0	0,2	2,5	0	100
Afrique Africa	36,0	10,1	35,6	1,8	15,6	0,9	100
Asie ⁽⁴⁾ Asia ⁽⁴⁾	50,2	6,0	24,0	3,3	12,9	3,6	100
dont Inde of which India	71,1	2,0	8,3	2,9	11,2	4,5	100
Chine China	75,9	0,2	1,9	1,9	17,2	2,9	100
Asie Océanie OCDE ⁽⁵⁾ OECD Asia Oceania ⁽⁵⁾	39,5	11,5	30,2	8,7	6,1	4,0	100
Total Monde World Total	40	5,0	22,5	10,9	16,2	5,0	100
dont OCDE which OECD	32,3	3,6	25,5	18,1	12,9	7,7	100

(1) Etats-Unis, Canada, Chili et Mexique **USA, Canada, Chile & Mexico**

(2) Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Luxembourg, Norvège, Pays Bas, Pologne, Portugal, République Slovaque, République Tchèque, Royaume Uni, Slovaquie, Suède, Suisse, Turquie - **Germany, Austria, Belgium, Denmark, Spain, Estonia, Finland, France, Greece, Hungary, Ireland, Iceland, Italy, Luxembourg, Norway, Netherlands, Poland, Portugal, Slovak Republic, Czech Republic, United Kingdom, Slovenia, Sweden, Switzerland, Turkey**

(3) Albanie, Arménie, Azerbaïdjan, Belarus, Bosnie-Herzégovine, Bulgarie, Chypre, Croatie, Georgie, Gibraltar, Kazakhstan, Kirghizstan, Lettonie, Lituanie, Malte, République de Moldavie, Roumanie, République de Macédoine, Russie, Serbie, Tadjikistan, Turkménistan, Ukraine, Ouzbékistan - **Albania, Armenia, Azerbaijan, Belarus, Bosnia - Herzegovina, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Georgia, Gibraltar, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Latvia, Lithuania, FYR of Macedonia, Malta, Republic of Moldova, Romania, Russia, Serbia, Tajikistan, Turkmenistan, Ukraine, Uzbekistan**

(4) Hors Chine - **Without China**

(5) Australie, Israël, Japon, Corée et Nouvelle Zélande - **Australia, Israël, Japan, Korea & New Zealand**

Source : *Bilans énergétiques, AIE, éd 2014 - Energy Balances, IEA, 2014 ed*

Monde : production d'électricité

World: electricity generation

TWh	1990	2000	2010	2012	%/an 1990-2012 %/year
Amérique OCDE ⁽¹⁾ OECD America ⁽¹⁾	3 819	4 876	5 289	5 269	1
dont Etats-Unis of which USA	3 203	4 026	4 354	4 271	1
Amérique non OCDE Non OECD America	489	759	1 074	1 153	4
dont Brésil of which Brazil	223	349	516	552	4
Europe OCDE ⁽²⁾ OECD Europe ⁽²⁾	2 661	3 223	3 611	3 603	1
Union européenne 28 European Union 28	2 576	3 005	3 333	3 264	1
dont France of which France	417	536	564	559	1
Europe non OCDE et Eurasie ⁽³⁾ Non OECD Europe and Eurasia ⁽³⁾	1 894	1 432	1 699	1 742	0
Moyen-Orient Middle East	224	430	834	905	7
Afrique Africa	316	442	673	720	4
Asie Asia	1 274	2 637	6 331	7 364	8
dont : of which:					
Chine China	650	1 388	4 236	5 024	10
Inde India	293	570	979	1 128	6
Asie Océanie OCDE ⁽⁴⁾ OECD Asia Oceania ⁽⁴⁾	1 148	1 630	1 961	1 913	2
Total Monde World total	11 825	15 426	21 470	22 668	3
dont OCDE of which OECD	7 629	9 728	10 860	10 785	2

(1) Etats-Unis, Canada, Chili & Mexique - USA, Canada, Chile & Mexico

(2) Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Luxembourg, Norvège, Pays Bas, Pologne, Portugal, République Slovaque, République Tchèque, Royaume Uni, Slovénie, Suède, Suisse, Turquie - Germany, Austria, Belgium, Denmark, Spain, Estonia, Finland, France, Greece, Hungary, Ireland, Iceland, Italy, Luxembourg, Norway, Netherlands, Poland, Portugal, Slovak Republic, Czech Republic, United Kingdom, Slovenia, Sweden, Switzerland, Turkey

(3) : Albanie, Arménie, Azerbaïdjan, Belarus, Bosnie - Herzégovine, Bulgarie, Chypre, Croatie, Georgie, Gibraltar, Kazakhstan, Kirgystan, Lettonie, Lituanie, Malte, République de Moldavie, Roumanie, République de Macédoine, Russie, Serbie, Tadjikistan, Turkménistan, Ukraine, Ouzbékistan - Albania, Armenia, Azerbaïdjan, Belarus, Bosnia - Herzegovina, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Georgia, Gibraltar, Kazakhstan, Kirgystan, Latvia, Lithuania, FYR of Macedonia, Malta, Republic of Moldova, Romania, Russia, Serbia, Tajikistan, Turkmenistan, Ukraine, Uzbekistan

(4) Australie, Israël, Japon, Corée et Nouvelle Zélande - Australia, Israël, Japan, Korea & New Zealand

Source : Bilans énergétiques, AIE, éd. 2014 - Energy Balances, IEA, 2014 ed

Monde : scénario de référence* pour la production d'électricité

World: reference scenario* for electricity generation

	1990		2011		2020		2030	
	TWh	%	TWh	%	TWh	%	TWh	%
Amérique OCDE ⁽¹⁾ <i>OECD America</i> ⁽¹⁾	3 819	32	5 324	24	5 872	21	6 379	19
Amérique latine <i>Latin America</i>	489	4	1 109	5	1 461	5	1 860	5
Europe OCDE ⁽²⁾ <i>OECD Europe</i> ⁽²⁾	2 683	23	3 613	16	3 836	14	4 054	12
UE 28 <i>EU 28</i>	2 577	22	3 257	15	3 357	12	3 516	10
Europe de l'Est/Eurasie ⁽³⁾ <i>East Europe/Eurasia</i> ⁽³⁾	1 894	16	1 716	8	1 957	7	2 249	7
Moyen-Orient <i>Middle East</i>	219	2	845	4	1 169	4	1 565	5
Afrique <i>Africa</i>	316	3	692	3	976	3	1 312	4
Asie non OCDE <i>Non OECD Asia</i>	1 271	11	6 956	31	10 609	38	14 403	42
dont Inde <i>of which India</i>	289	2	1 052	5	1 661	6	2 725	8
dont Chine <i>of which China</i>	650	6	4 755	22	7 285	26	9 287	27
OCDE Asie Océanie ⁽⁴⁾ <i>OECD Asia Oceania</i> ⁽⁴⁾	1 127	10	1 859	8	2 119	8	2 236	7
Monde <i>World</i>	11 818	100	22 114	100	27 999	100	34 058	100
dont OCDE <i>of which OECD</i>	7 629	65	10 796	49	11 827	42	12 670	37
dont <i>of which</i>								
Charbon <i>Coal</i>	4 426	37	9 139	41	10 618	38	11 797	35
Pétrole <i>Oil</i>	1 332	11	1 062	5	801	3	591	2
Gaz <i>Gas</i>	1 730	15	4 847	22	5 983	21	7 589	22
Nucléaire <i>Nuclear</i>	2 013	17	2 584	12	3 400	12	4 038	12
Hydraulique <i>Hydro</i>	2 144	18	3 490	16	4 555	16	5 428	16
Biomasse et déchets <i>Biomass & Waste</i>	131	1	424	2	762	3	1 204	4
Eolien <i>Wind</i>	4	0,0	434	2	1 326	5	2 269	7
Geothermique <i>Geothermal</i>	36	0,3	69	0,3	128	0,5	238	1
Solaire PV <i>Solar PV</i>	0	0,0	61	0,3	379	1	747	2
Solaire thermodynamique <i>CSP</i>	1	0,0	2	0,0	43	0,2	137	0,4
Marine <i>Marine</i>	1	0,0	1	0,0	3	0,0	18	0,1

(1) Etats-Unis, Canada, Chili et Mexique - *USA, Canada, Chile & Mexico*

(2) Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Luxembourg, Norvège, Pays Bas, Pologne, Portugal, République Slovaque, République Tchèque, Royaume Uni, Slovénie, Suède, Suisse, Turquie - *Germany, Austria, Belgium, Denmark, Spain, Estonia, Finland, France, Greece, Hungary, Ireland, Iceland, Italy, Luxembourg, Norway, Netherlands, Poland, Portugal, Slovak Republic, Czech Republic, United Kingdom, Slovenia, Sweden, Switzerland, Turkey*

(3) Albanie, Arménie, Azerbaïdjan, Belarus, Bosnie - Herzégovine, Bulgarie, Chypre, Croatie, Georgie, Gibraltar, Kazakhstan, Kirgizstan, Lettonie, Lituanie, Malte, Rép. de Moldavie, Roumanie, Rép. de Macédoine, Russie, Serbie, Tadjikistan, Turkmenistan, Ukraine, Ouzbékistan - *Albania, Armenia, Azerbaijan, Belarus, Bosnia - Herzegovina, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Georgia, Gibraltar, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Latvia, Lithuania, FYR of Macedonia, Malta, Republic of Moldova, Romania, Russia, Serbia, Tajikistan, Turkmenistan, Ukraine, Uzbekistan*

(4) Australie, Israël, Japon, Corée et Nouvelle Zélande - *Australia, Israel, Japan, Korea & New Zealand*

* Seule prise en compte des politiques déjà adoptées et mises en place

* Only taking into account policies already formally adopted and implemented

Source : *World Energy Outlook 2013, IEA*

Europe : évolution de la production électrique

Europe: evolution of electricity generation

TWh	1973	1980	1990	2000	2010	2012	%/an %/year 1973- 2012	%/an %/year 2000- 2012
Allemagne <i>Germany</i>	374	466	547	572	626	629	1,3	0,8
Autriche <i>Austria</i>	31	42	49	60	68	65	1,9	0,7
Belgique <i>Belgium</i>	41	53	70	83	94	83	1,8	0,0
Bulgarie <i>Bulgaria</i>	22	35	42	41	46	47	2,0	1,2
Chypre <i>Cyprus</i>	0,8	1	2	3	5	5	4,8	3,3
Croatie <i>Croatia</i>			9	11	14	10		-0,8
Danemark <i>Denmark</i>	19	27	26	36	39	35	1,6	-0,2
Espagne <i>Spain</i>	76	109	151	221	299	281	3,4	2,0
Estonie <i>Estonia</i>			17	9	13	13		3,6
Finlande <i>Finland</i>	26	41	54	70	81	70	2,6	0,0
France	183	257	417	536	564	570	3,0	0,5
Grèce <i>Greece</i>	15	23	35	53	57	58	3,6	0,8
Hongrie <i>Hungary</i>	18	24	28	35	37	35	1,8	0,0
Irlande <i>Ireland</i>	7	11	14	24	28	27	3,4	1,1
Italie <i>Italy</i>	144	183	213	270	299	297	1,9	0,8
Lettonie <i>Latvia</i>			7	4	7	6		3,1
Lituanie <i>Lithuania</i>			28	11	5	5		-6,4
Luxembourg	1	1	1	0,4	3	3	2,0	17,5
Malte <i>Malta</i>	0,3	1	1	2	2	2	5,0	0,4
Pays-Bas <i>Netherlands</i>	53	65	72	90	118	103	1,7	1,2
Pologne <i>Poland</i>	84	121	134	143	157	162	1,7	1,0
Portugal	10	15	28	43	54	46	4,0	0,5
Rép. slovaque <i>Slovak Republic</i>	12	20	25	31	27	28	2,1	-0,8
Rép. tchèque <i>Czech Republic</i>	41	53	62	73	85	87	1,9	1,5
Roumanie <i>Romania</i>	47	67	64	52	61	59	0,6	1,1
Royaume-Uni <i>United Kingdom</i>	281	284	318	374	379	361	0,6	-0,3
Slovénie <i>Slovenia</i>			12	14	16	16		1,3
Suède <i>Sweden</i>	78	96	146	145	149	166	2,0	1,1
UE 28 EU 28	1 563	1 994	2 576	3 005	3 333	3 264	1,9	0,7

Source : Bilans énergétiques, AIE, éd 2014 - *Energy Balances, IEA, 2014 ed*

Europe : part de l'énergie produite à partir de sources renouvelables dans la consommation brute d'énergie finale en 2012 et objectifs 2020

Europe: share of energy from renewable sources in gross final consumption of energy in 2012 and national overall targets in 2020

	2012*	2020
Allemagne <i>Germany</i>	12,3 %	18 %
Autriche <i>Austria</i>	31,9 %	34 %
Belgique <i>Belgium</i>	6,8 %	13 %
Bulgarie <i>Bulgaria</i>	17,9 %	16 %
Chypre <i>Cyprus</i>	7,0 %	13 %
Danemark <i>Denmark</i>	26,3 %	30 %
Espagne <i>Spain</i>	14,2 %	20 %
Estonie <i>Estonia</i>	27,8 %	25 %
Finlande <i>Finland</i>	34,4 %	38 %
France **	13,7 %	23 %
Grèce <i>Greece</i>	12,5 %	18 %
Hongrie <i>Hungary</i>	9,8 %	13 %
Irlande <i>Ireland</i>	7,5 %	16 %
Italie <i>Italy</i>	13,5 %	17 %
Lettonie <i>Latvia</i>	33,0 %	40 %
Lituanie <i>Lithuania</i>	20,8 %	23 %
Luxembourg	3,1 %	11 %
Malte <i>Malta</i>	0,3 %	10 %
Pays-Bas <i>Netherlands</i>	4,5 %	14 %
Pologne <i>Poland</i>	11,1 %	15 %
Portugal	24,7 %	31 %
Rep. Tchèque <i>Czech Republic</i>	11,3 %	13 %
Rep. Slovaque <i>Slovak Republic</i>	10,6 %	14 %
Roumanie <i>Romania</i>	21,3 %	24 %
Royaume-Uni <i>United Kingdom</i>	4,2 %	15 %
Slovénie <i>Slovenia</i>	20,6 %	25 %
Suède <i>Sweden</i>	52,4 %	49 %
Union européenne 27 <i>European Union 27</i>	14,0 %	20 %

* Estimation

** Territoires d'Outre-Mer exclus de l'estimation, inclus dans l'objectif 2020 - *Overseas territories excluded for estimation, included for 2020 objective*

Source : *EurObserver 2013*

France : production d'énergie primaire renouvelable*

France: renewable energy production*

ktep	ktoe	2010	2011	2012	2013**
Hydraulique renouvelable Renewable hydroelectricity		5 365	3 852	5 050	6 104
Energie marémotrice Tidal energy		41	41	39	36
Eolien Wind		855	1 052	1 283	1 366
Solaire PV Solar PV		53	179	345	401
Solaire thermique Thermal solar		64	71	79	87
Géothermie Geothermal energy		180	183	192	192
Pompes à chaleur Heat pump		1 203	1 117	1 394	1 629
Déchets urbains renouvelables Renewable municipal waste		1 025	1 002	1 018	-
Bois solide dont bois énergie Wood energy		10 223	8 997	10 001	10 857
Biogaz Biogas		365	410	443	-
Biocarburants Bio-motorfuels		2 256	2 054	2 373	2 437
Total ⁽¹⁾					
Total ⁽¹⁾		21 668	19 032	22 403	24 803

* Métropole Mother country

** Provisoire

Source : Bilan énergétique de la France pour 2013 SOeS

France : bilan électrique

France: electricity balance

	2009		2010		2011		2012		2013	
	TWh net	%	TWh net	%						
Production nette Net Production	519	100	550	100	543	100	541	100	551	100
Thermique nucléaire Nuclear	390,0	75,1	407,9	74,1	421,1	77,6	404,9	74,8	403,7	73,3
Thermique classique Conventional thermal	54,8	10,6	59,4	10,8	51,5	9,5	47,9	8,8	44,7	8,1
Hydraulique Hydro	61,8	11,9	68	12,4	50,3	9,3	63,8	11,8	75,7	13,7
Autres sources d'énergie renouvelables Other renewable energy	12,2	2,4	15	2,7	5,6	1,0	5,9	1,1	26,8	4,9
dont solaire of which solar					2,4	0,4	4	0,7	4,6	0,8
dont éolien of which wind	7,8	1,5	9,6	1,7	12,1	2,2	14,9	2,8	15,9	2,9
Consommation intérieure Gross Inland Consumption	486		513		478		490		495,0	
Pertes Losses	33,6	6,9	37	7,2	35	7,3	36	7,4	7,1	1,3
Consommation nette Net consumption	452,8	93,1	476,1	92,8	443,3	92,7	453,1	92,5	457,0	83,0
Pompage Pumping storage	7		7		7		7		7	1,3
Solde Import-Export Import-Export balance	26		31		57		45		48	8,7

Source : Energie Electrique en France, RTE, éd 2014

France : échanges contractuels transfrontaliers d'électricité en 2013

France: cross-border contractual electricity exchanges in 2013

TWh	Exportations	Importations	Solde exportateur
Allemagne <i>Germany</i>	5,3	15,1	-9,8
Belgique <i>Belgium</i>	15,2	2,3	12,9
Espagne <i>Spain</i>	5,8	4,1	1,7
Grande Bretagne <i>United Kingdom</i>	12,3	1,8	10,5
Italie <i>Italy</i>	16,9	1,5	15,4
Suisse <i>Switzerland</i>	23,9	7,4	16,7
Total France	79,4	32,2	44,2

Source : Bilan électrique français, RTE Ed 2014

Puissances maximales appelées par le réseau en France (GWe)

Peak load demand of the french grid (GWe)

1950	jeudi 21 décembre	Thursday December 21	6,6 GWe
1955	mercredi 21 décembre	Wednesday December 21	8,9 GWe
1960	jeudi 15 décembre	Thursday December 15	12,9 GWe
1965	jeudi 9 décembre	Thursday December 9	17,5 GWe
1970	vendredi 18 décembre	Friday December 18	23,3 GWe
1975	mardi 16 décembre	Tuesday December 16	32 GWe
1980	mardi 9 décembre	Tuesday December 9	44,1 GWe
1985	mercredi 16 janvier	Wednesday January 16	60 GWe
1990	lundi 17 décembre	Monday December 17	63,4 GWe
1995	lundi 5 janvier	Monday January 5	66,8 GWe
2000	mercredi 12 janvier	Wednesday January 12	72,4 GWe
2005	lundi 28 février	Monday February 28	86 GWe
2010	jeudi 11 février	Thursday February 11	93,1 GWe
2011	mardi 4 janvier	Tuesday January 4	91,8 GWe
2012	mercredi 8 février	Wednesday February 8	102,1 GWe
2013	jeudi 17 janvier	Thursday January 17	92,6 GWe

Source : Bilan électrique 2013, RTE ed. 2014

**ENERGIE ELECTRIQUE
ET ELECTRONUCLEAIRE**

ELECTRICITY AND NUCLEAR POWER

Principales caractéristiques des filières électronucléaires

Main characteristics of reactor types

Filières regroupées Reactor type groups	Filière Type	Caloporteur Coolant		Modérateur Moderator	Combustible Fuel
Graphite-gaz Gas-graphite	AGR	CO ₂	Advanced gas cooled	Graphite	UO ₂ enrichi Enriched UO ₂ U naturel Natural U UO ₂ , UC ₂ , ThO ₂ ...
	MGUNGG	CO ₂	Magnox gas cooled		
	HTR (GT-MHR, PBMR)	He	High temperature		
Eau lourde Heavy water	PHWR	Eau lourde Heavy water	Sous pression Pressurized	Eau lourde Heavy water	UO ₂ naturel ou enrichi Natural or enriched UO ₂
Eau ordinaire Light water	BWR (ABWR)	Eau ordinaire Light water	Bouillante Boiling	Eau ordinaire Light water	UO ₂ enrichi Enriched UO ₂ ou or UO ₂ enrichi et Mox Enriched UO ₂ and MOX
	PWR (APWR, WWER)	Eau ordinaire Light water	Sous pression Pressurized		
Neutrons rapides Fast reactor	Surgénérateur Breeder	Sodium			UO ₂ enrichi - PuO ₂ Enriched UO ₂ - PuO ₂
Eau graphite Water graphite	RBMK (LWGR)	Eau ordinaire Light water	Bouillante Boiling	Graphite	UO ₂ enrichi Enriched UO ₂
Eau ordinaire - eau lourde Light water - heavy water	HWLWR (ATR)	Eau ordinaire Light water	Bouillante Boiling	Eau lourde Heavy water	UO ₂ enrichi -PuO ₂ Enriched UO ₂ - PuO ₂

ABWR, APWR, GT-MHR, PBMR : modèles avancés de réacteurs (Advanced reactor type).

Source : CEA - Elecnuc

GESTION DU COMBUSTIBLE

Le cœur d'un réacteur est constitué d'un certain nombre d'assemblages. Lors de la première charge, tous les assemblages sont neufs ; par la suite, seule une partie des assemblages est renouvelée à chaque arrêt pour rechargement. Pour décrire la gestion du combustible, on distingue la fraction du cœur déchargée (tiers ou quart du cœur) et la durée entre deux arrêts (annuel ou allongé par exemple à 18 mois). Les cœurs moxés ont actuellement une gestion hybride : arrêts annuels et renouvellement par tiers de cœur pour le Mox et par quart de cœur pour l'UO₂.

France : caractéristiques des REP ⁽¹⁾ 900, 1300 et 1450 MWe

France: Characteristics of the 900, 1300 and 1450 MWe PWR's ⁽¹⁾

Principales caractéristiques Main characteristics	REP 900 MWe PWR 900	REP 1300 MWe PWR 1300	REP 1450 MWe PWR 1450
Puissance électrique nette (MWe) Net electric capacity (Mwe)	880 à 915	1 300 à 1 335	1 455
Puissance thermique (MWth) Thermal power (MWth)	2 775	3 800	4 250
Rendement (%) Efficiency (%)	31,7 à 33,0	34,2 à 35,1	34,2
Nombre d'assemblages de combustible Number of fuel Assemblies	157	193	205
Nombre de crayons par assemblage Number of rods per assembly	264	264	264
Poids d'uranium par assemblage (kg) Weight of uranium per assembly (kg)	461,7	538,5	538,5
Première charge Initial Loading			
Masse d'uranium enrichi (tonnes) Weight of enriched uranium (t)	72,5	104	110,5
Enrichissement initial moyen (%) Average initial enrichment (%)	2,43	2,28	2,29
Besoin en uranium naturel (tonnes) ⁽⁶⁾ Natural uranium requirements (t) ⁽⁶⁾	316	423	449
Besoin en enrichissement (milliers d'UTS) Enrichment requirements (10 ³ SWU)	225	294	312
Recharge à l'équilibre Equilibrium reload	(1) (2)	(3) (4)	(5)
Nombre d'assemblage par recharge Number of assemblies per reload	40 28 (+16)	64 64	69
Masse de métal lourd (tonnes) Weight of heavy metal (t)	18,5 12,9 (+7,4)	34,5 34,5	37,2
Enrichissement (%) Enrichment (%)	3,7 3,7	3,1 4,0	3,4
Besoin en uranium naturel (tonnes) ⁽⁷⁾ Natural uranium requirements (t) ⁽⁷⁾	153 107 (+0) ⁽⁸⁾	235 310	280
Besoin en enrichissement (milliers d'UTS) ⁽⁷⁾ Enrichment requirements (10 ³ SWU) ⁽⁷⁾	87 61 (+0) ⁽⁸⁾	124 182	154
Irradiation moyenne (MWj/t) Burn-up (MWd/t)	41 200 (33 800)	32 100 43 500	39 000
Séjour en réacteur (mois) Fuel residence time (months)	48 48 (38)	38 54	36

(1) Rechargement par quart de cœur (annuel) Reload by 1/4 core

(2) Rechargement (MOX) par tiers de cœur (annuel) Reload by 1/3 core (MOX)

(3) Rechargement par tiers de cœur (annuel) Reload by 1/3 core

(4) Rechargement par tiers de cœur (allongé à 18 mois) Reload by 1/3 core (18 months)

(5) Prévisionnel par tiers de cœur, susceptible de modification Reload by 1/3 (forecast)

(6) Pour un taux de rejet de 0,25 % Assuming 0,25% tails assay and no losses

(7) Pour un taux de rejet de 0,3 % Assuming 0,3% tails assay and no losses

(8) MOX fabriqué avec de l'U appauvri MOX manufactured from depleted U

Source : CEA

Parc électronucléaire français au 01/01/2014

58 unités installées représentant 63 GWe

Nuclear power plants in France - Status as of 2014/01/01

Regroupement par filière Reactor type	Nom des unités Name of the unit	Puissance - MWe nets Net capacity MWe operation	Année de MSI Year of commercial
58 unités REP 58 PWR units 62,9 GWe nets 62,9 net GWe 34 REP-900 34 PWR-900 30 660 MWe 20 REP-1300 20 PWR-1300 26 370 MWe	<i>Fessenheim-1</i>	880	1978
	<i>Fessenheim-2</i>	880	1978
	<i>Bugey-2</i>	910	1979
	<i>Bugey-3</i>	880	1979
	<i>Bugey-4</i>	880	1979
	<i>Bugey-5</i>	900	1980
	<i>Dampierre-1</i>	890	1980
	<i>Gravelines-1</i>	915	1980
	<i>Tricastin-1</i>	880	1980
	<i>Tricastin-2</i>	880	1980
	<i>Gravelines-2</i>	915	1980
	<i>Dampierre-2</i>	890	1981
	<i>Dampierre-3</i>	890	1981
	<i>Gravelines-3</i>	915	1981
	<i>Gravelines-4</i>	915	1981
	<i>Tricastin-3</i>	880	1981
	<i>Tricastin-4</i>	880	1981
	<i>Dampierre-4</i>	890	1981
	<i>Blayais-1</i>	910	1981
	<i>Saint-Laurent-B-1</i>	890	1983
	<i>Saint-Laurent-B-2</i>	890	1983
	<i>Blayais-2</i>	910	1983
	<i>Blayais-3</i>	910	1983
	<i>Blayais-4</i>	910	1983
	<i>Chinon-B-1</i>	920	1984
	<i>Cruas-Meyssse-1</i>	915	1984
	<i>Chinon-B-2</i>	920	1984
	<i>Cruas-Meyssse-3</i>	915	1984
	<i>Gravelines-5</i>	915	1985
	Paluel-1	1 330	1985
<i>Cruas-Meyssse-2</i>	915	1985	
Paluel-2	1 330	1985	
<i>Cruas-Meyssse-4</i>	915	1985	
<i>Gravelines-6</i>	915	1985	
Paluel-3	1 330	1986	

Source : AIEA

Regroupement par filière Reactor type	Nom des unités Name of the unit	Puissance - MWe nets Capacity net MWe operation	Année de MSI Year of commercial
	Saint-Alban-1	1 335	1986
	Paluel-4	1 330	1986
	Flamanville-1	1 330	1986
	Saint-Alban-2	1 335	1987
	Chinon-B-3	920	1987
	Flamanville-2	1 330	1987
	Cattenom-1	1 300	1987
	Cattenom-2	1 300	1988
	Nogent-1	1 310	1988
	Chinon-B-4	920	1988
	Belleville-1	1 310	1988
	Belleville-2	1 310	1989
	Nogent-2	1 310	1989
	Penly-1	1 330	1990
	Golfech-1	1 310	1991
	Cattenom-3	1 300	1991
	Cattenom-4	1 300	1992
	Penly-2	1 330	1992
	Golfech-2	1 310	1994
Palier N4 N4 series 4 REP-1450 4 PWR-1450 5 810 MWe nets	Chooz-B-1	1 455	2000
	Chooz-B-2	1 455	2000
	Civaux-1	1 450	2002
	Civaux-2	1 450	2002

Source : AIEA

France : évaluation des besoins en uranium et services du cycle du combustible REP ⁽¹⁾

France: Uranium and fuel cycle services requirements ⁽¹⁾

	2012	2015 ⁽¹⁾	2020 ⁽¹⁾
Puissance électronucléaire nette installée (GWe) Installed nuclear capacity	63,1	63,1	62,9
Production nette d'électricité nucléaire (TWh) Nuclear electricity generation	421	430-435	430-435
Besoins en uranium naturel (tU/an) Natural Uranium requirements	8 000	8 000-9 000	8 000-9 000
Besoins en services d'enrichissement (10 ³ UTS/an) Enrichment requirements	6 000	6 000	6 000
Besoins en fabrication Manufacturing requirements			
• de combustible REP U ₂₃₅ (t ML/an) • U ₂₃₅ PWR fuel manufacturing requirements (t HM/year)	1 050	1 050	1 050
• de combustible MOX pour REP (t ML/an) • MOX fuel for PWR (t HM/year)	120	120	120
Quantités de combustible irradié produites (t ML/an) PWR spent fuel arisings (t HM/year)	1 150	1 150	1 150

(1) Estimations Estimates

t ML : tonnes de Métal Lourd t HM : tonnes Heavy Metal

UTS : Unités de Travail de Séparation

Source : Données sur l'énergie nucléaire, AEN, éd 2013

Principales caractéristiques d'un réacteur à neutrons rapides

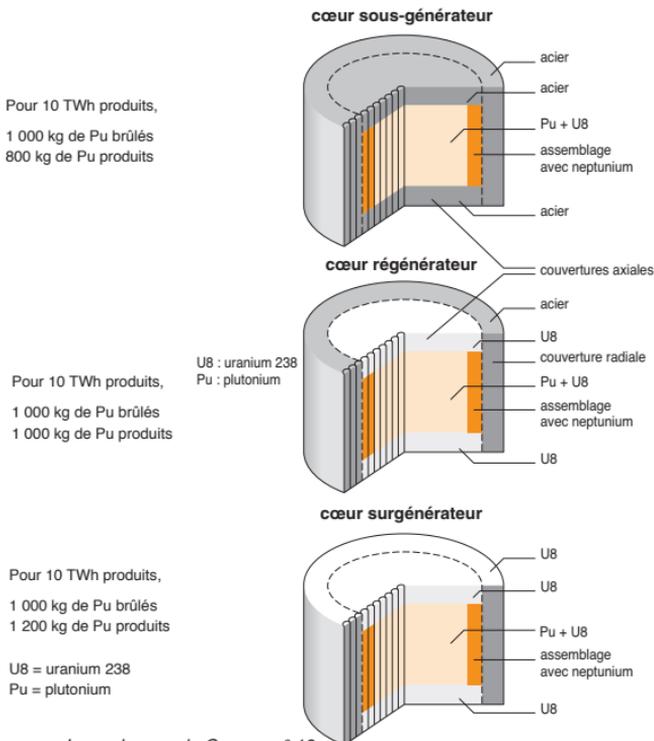
Les réacteurs à neutrons rapides (RNR) ont été développés pour leur capacité à transformer l'uranium 238, non fissile, qui constitue plus de 99 % de l'uranium naturel, en plutonium fissile.

Ils utilisent comme combustible du plutonium et consomment de l'ordre de 800 kg par an pour une puissance électrique de 1 200 MWe. Un RNR peut fonctionner en mode surgénérateur, avec des couvertures radiale et axiale à base d'uranium 238 : il produit alors plus de plutonium (Pu) qu'il n'en consomme. Mais il peut aussi fonctionner en mode régénérateur, avec une couverture radiale en acier (production de Pu égale à la consommation) ou en mode sous-générateur, avec des couvertures radiale et axiale en acier. Dans ce cas, son bilan aboutit à une consommation nette de plutonium (environ 200 kg pour 10 TWh produits).

Les RNR présentent en outre la caractéristique de pouvoir « brûler » les différents isotopes du plutonium issus du traitement des combustibles des réacteurs à eau sous pression. Il est également possible de les utiliser comme incinérateurs d'autres éléments radioactifs, appelés actinides (neptunium, américium...). Les neutrons rapides permettent la « transmutation » de ces éléments, qui sont des déchets radioactifs à vie longue, en déchets radioactifs à vie courte. Ce potentiel incinérateur des réacteurs à neutrons rapides, déjà expérimenté à Marcoule dans Phénix, fait l'objet de recherches de la plupart des principaux pays producteurs d'électricité d'origine nucléaire. C'est un des axes d'étude préconisés par la loi du 30 décembre 1991. Dans tous les cas, l'énergie électrique produite reste la même.

Le réacteur à neutrons rapides incinérateur d'actinides

The fast neutron reactor as an actinide incinerator

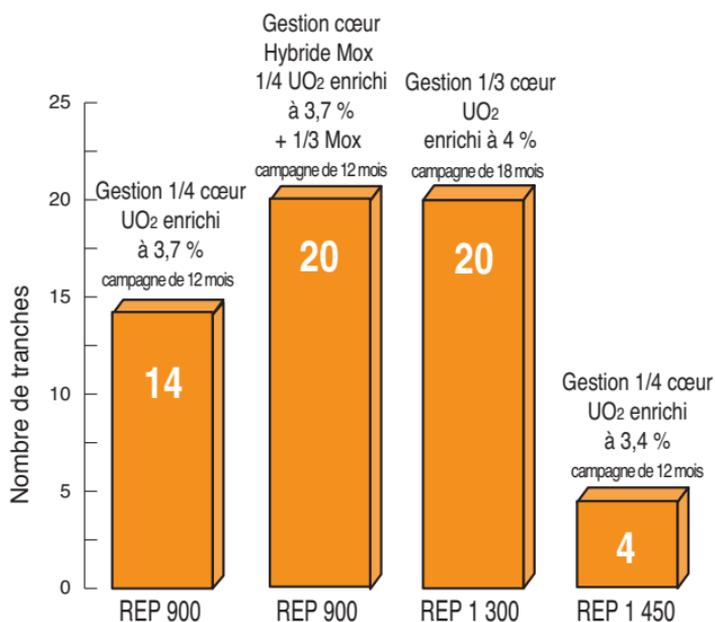


Source : « Les colonnes de Creys » n° 10

CYCLE DU COMBUSTIBLE NUCLEAIRE

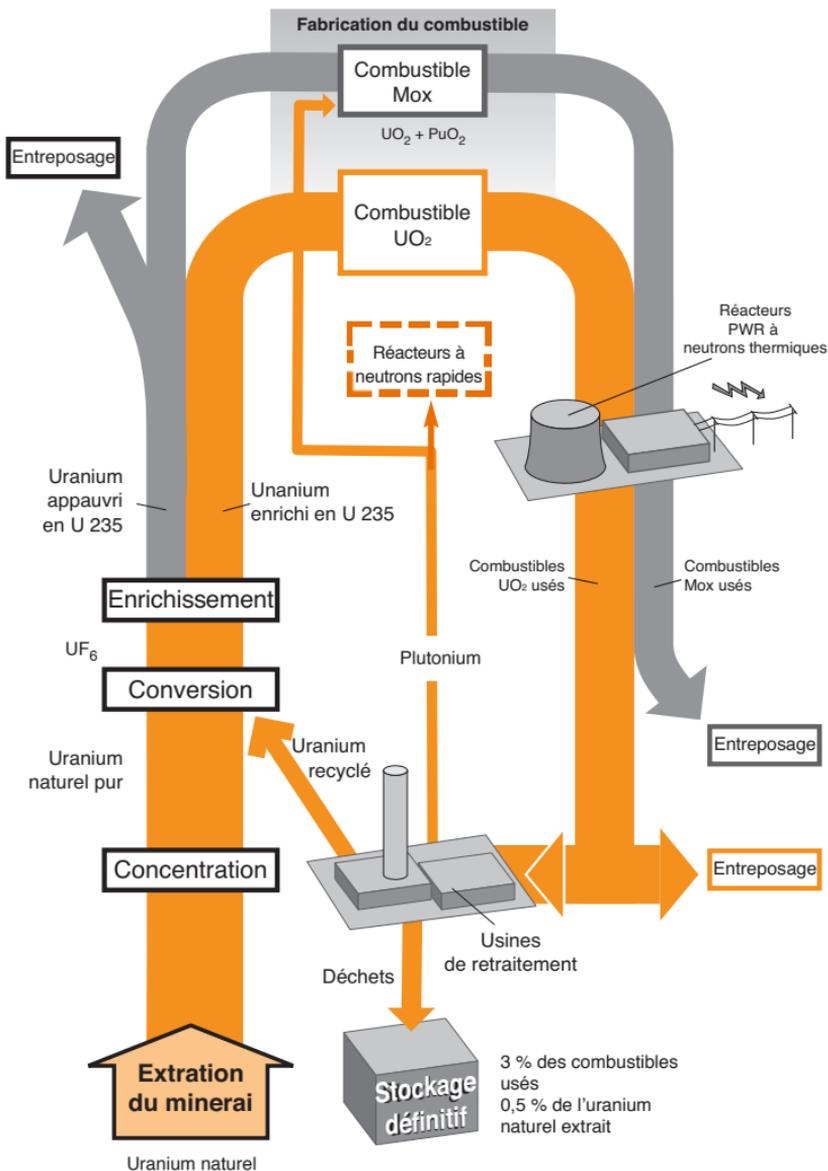
L'uranium naturel extrait du minerai est constitué de 99,3 % d'uranium 238, inerte, et de 0,7 % d'uranium 235, seul susceptible de produire de l'énergie par fission. L'enrichissement permet d'obtenir un combustible UO_2 (oxyde d'uranium) dont la teneur en isotope 235 est portée à environ 3,5 %. Pendant le séjour du combustible dans le réacteur il se forme du plutonium. Celui-ci est séparé lors de l'opération de traitement et peut servir alors à fabriquer du combustible Mox, mélange d'oxydes de plutonium et d'uranium appauvri, ou encore à alimenter les réacteurs à neutrons rapides.

Gestion du combustible sur le parc REP d'EDF (Situation en décembre 2000)



Source : D'après DSIN

Cycle simplifié du combustible nucléaire en France



Source : D'après DSIN - Revue Contrôle - avril 1997

Monde : besoins en uranium

World: Uranium requirements

	2013	2015	2020	2030	2035
Tonnes U	59 270	de 62 755 à 69 075	de 66 200 à 78 355	de 77 815 à 117 990	de 72 205 à 122 110

Source : Uranium 2014. Resources, Production and Demand. AEN ed. 2014

Définition de l'UTS

La production d'une usine d'enrichissement de l'uranium s'exprime en unités de travail de séparation (UTS). Elle est proportionnelle à la quantité d'uranium traité et donne une mesure du travail nécessaire pour obtenir l'uranium enrichi. Elle dépend du taux d'enrichissement en isotope 235 de l'uranium et du taux d'appauvrissement de l'uranium résiduel. Il faut environ 100 000 UTS pour fournir le combustible nécessaire au fonctionnement pendant un an d'un réacteur de 1 000 MWe.

Monde : capacité nominale d'enrichissement de l'uranium (kUTS/an)

World: Uranium enrichment capacity

Pays	Sociétés	2013	2015	2020
France	Areva, Georges Besse I & II	5 500	7 000	8 200
Allemagne + Pays-Bas + Royaume Uni	Urenco: Gronau, Almelo, Capenhurst	14 200	14 200	15 700
Japon	JNFL, Rokkaasho	75	1 050	1 500
USA	USEC, Paducah & Piketon	0	3 800 ?	3 800
USA	Urenco, New Mexico	3 500	5 700	5 700
USA	Areva, Idaho Falls	0	1 500	3 300 ?
	Global Laser Enrichment	0	1 000 ?	3 000 ?
Russie	Tenex: Angarsk, Novouralsk, Zelenogorsk, Seversk	26 000	30 000	37 000
Chine	CNNC, Hanzhun & Lanzhou	2 200	3 000	8 000
Autres		75	500	1 000 ?
Total		51 550	65 900	87 200
	Besoins (scénario de référence WNA)	49 154	51 425	59 939

Source : WNA 2014

Quantité d'uranium naturel et unités de travail de séparation nécessaires pour obtenir 1 kg d'uranium enrichi à un taux donné en fonction de la teneur en rejet

Natural uranium and separative work units required to obtain 1 kg of enriched uranium at a given yield as a function of the depletion yield

Teneur en rejet (% U ₂₃₅)	3,1 % U 235		3,4 % U 235		3,7 % U 235		4 % U 235	
	U nat. (kg)	UTS						
0,10	4,910	6,274	5,401	7,158	5,892	8,051	6,383	8,950
0,15	5,258	5,226	5,793	5,979	6,328	6,740	6,863	7,508
0,20	5,675	4,526	6,262	5,190	6,849	5,864	7,436	6,544
0,25	6,182	4,009	6,833	4,609	7,484	5,217	8,134	5,832
0,30	6,813	3,606	7,543	4,154	8,272	4,712	9,002	5,277

Source : CEA

Les procédés d'enrichissement isotopique de l'uranium

Afin de prendre la relève de la diffusion gazeuse, la France et les Etats-Unis ont travaillé sur de nouveaux procédés d'enrichissement comme la séparation isotopique par laser.

Grâce à de récents développements technologiques, l'ultracentrifugation gazeuse retrouve un intérêt économique.

Fabrication de combustible : besoins et capacités de production dans l'OCDE (tML/an)

Fuel manufacture: requirements and capacities in OECD countries (tHM/year)

Type de combustible	Capacités 2010	Besoins		
		2012	2015	2020
BWR	1 100 ⁽⁴⁾	275	314 ⁽¹⁾	245 ⁽¹⁾
FBR MOX	4,5	0	0 ⁽¹⁾	5 ⁽¹⁾
GCR (Magnox et AGR)	240	189	180	80
HWR	2 050	2 050	2 050	1 900
LWR	650 ⁽⁵⁾	2 618 ⁽²⁾	2 587 ⁽²⁾	2 692 ⁽²⁾
PWR	3 174 ⁽⁴⁾	2 172 ⁽³⁾	2 242 ⁽³⁾	2 296 ⁽³⁾
LWR MOX	195	132	132 ⁽¹⁾	120 ⁽¹⁾
Total	7 414 ⁽⁴⁾	7 436	7 505 ⁽¹⁾	7 338 ⁽¹⁾

(1) Hors Japon - **Except Japan**

(2) BWR et PWR USA et Allemagne - **BWR and PWR USA and Germany**

(3) Hors USA et Allemagne - **Except USA and Germany**

(4) Hors USA - **Except USA**

(5) Allemagne uniquement - **Only Germany**

Source : *Données sur l'énergie nucléaire, AEN éd. 2013*

Usines de traitement des combustibles usés

Used fuel reprocessing units

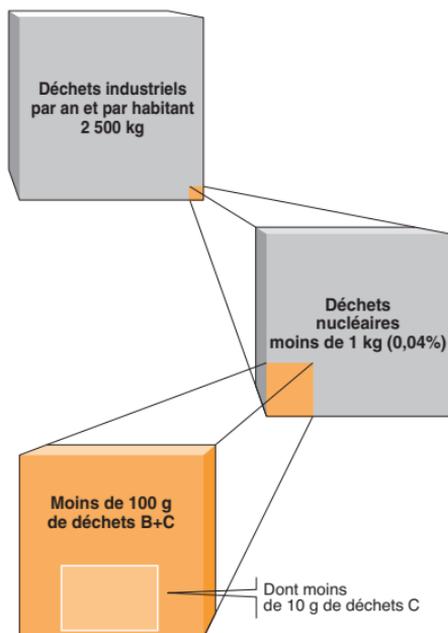
Pays	Site	Capacité t/an	Combustible	Mise en service
Capacités existantes				
	France			
	La Hague UP2	800	oxyde	1976
	La Hague UP3	800	oxyde	1990
Royaume-Uni	Sellafield (Thorp) ⁽¹⁾	900	oxyde	1994
Inde	Tarapur	60	filière eau lourde ou oxyde	1982
Russie	Chelyabinsk ⁽²⁾	400	oxyde	1984
Réalisations en cours				
	Inde			
	Japon			
	Kalpakkam	100	filière eau lourde	
	Rokkashomura	800	oxyde	2010

(1) Thermal oxide reprocessing plant

(2) La capacité est limitée à 250 t/an par l'Autorité de sûreté

Source : *CEA et AREVA*

Les déchets produits en France



Source : CEA

Classification des déchets Waste classification

Les déchets radioactifs sont classés en fonction de :

- leur radioactivité, c'est-à-dire leur impact potentiel sur l'homme et l'environnement. Elle se mesure en becquerels ($1 \text{ Bq} = 1$ désintégration par seconde). Ces désintégrations correspondent à l'émission d'un rayonnement ou de particules (alpha ou bêta) et s'accompagnent éventuellement d'un rayonnement gamma.
- la décroissance de leur activité en fonction du temps. Au bout d'un temps T , appelé période, la radioactivité d'un élément est divisée par deux. Au bout de deux périodes, il en reste un quart, au bout de trois périodes, un huitième...

L'Andra, l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs, a défini quatre niveaux d'activité et trois périodes caractéristiques. Comme le montre le tableau suivant, un classement en six catégories permet la gestion de l'ensemble des déchets radioactifs.

Très faible activité (TFA)		Déchets TFA stockés en surface au Centre de stockage TFA de l'Aube	
Faible activité (FA)	Déchets VTC gérés sur place par décroissance radioactive. Ils sont ensuite gérés comme des déchets classiques.	Déchets FMA-VC Stockés en surface au Centre de stockage FMA de l'Aube qui a succédé au Centre de stockage de la Manche, aujourd'hui fermé et sous surveillance.	Déchets FA-VL Centre de stockage à faible profondeur (entre 15 et 200 m) à l'étude. Mise en service prévue en 2019.
Moyenne activité (MA)			Déchets MA-VL Centre de stockage profond (à 500 m) à l'étude. Mise en service prévue en 2025.
Haute activité (HA)	Déchets HA Centre de stockage profond (à 500 m) à l'étude. Mise en service prévue en 2025.		
	Durée de vie 		
	Vie très courte (VTC) période radioactive < 100 jours	Vie courte (VC) période radioactive ≤ 31 ans	Vie longue (VL) période radioactive > 31 ans

Les déchets à vie très courte (VTC) sont liés à la production et à l'usage de radioéléments pour les besoins de la santé, le simple entreposage pour décroissance radioactive permet de gérer ces déchets.

Les déchets de très faible activité (TFA) sont majoritairement issus du démantèlement d'installations nucléaires (béton, briques, gravats, ferrailles, ...), ils proviennent aussi de l'exploitation d'installations faiblement radioactives et d'activités industrielles concentrant la radioactivité naturelle.

Les déchets de faible et moyenne activité à vie courte (FMA-VC) sont principalement générés lors des opérations d'exploitation (hors combustible nucléaire lui-même) et de maintenance des centrales nucléaires, des usines de traitement ou des centres de recherche nucléaire (vêtements, gants, chiffons, papiers, filtres, outillages, joints...). On trouve également dans cette catégorie des déchets provenant de la médecine (seringues, flacons...), des laboratoires (flacons, objets contaminés...) et de l'industrie (sources scellées usagées...).

Les déchets de faible activité à vie longue (FA-VL) sont entreposés en attente de la mise en place de la filière de stockage, ils comprennent :

- des déchets radifères contenant des éléments radioactifs naturels (uranium, thorium, radium...) issus du traitement de minerais par l'industrie chimique, et de travaux de réhabilitation de sites pollués anciens,
- des déchets graphite issus du démantèlement de la première génération de centrales nucléaires françaises (filière Uranium Naturel-Graphite-Gaz).

Les déchets de moyenne activité et à vie longue (MAVL) sont également entreposés avant la mise en place de la filière de stockage, ils comprennent :

- les gaines et éléments de structure des assemblages combustible après séparation de la matière nucléaire lors du traitement,
- les déchets technologiques (pinces et appareillages divers) issus de l'exploitation et de la maintenance des installations nucléaires et contaminés de façon significative par des éléments radioactifs de longue période.

Les déchets de haute activité à vie longue (HAVL) correspondent aux produits de fission et actinides mineurs qui ont été séparés des matières recyclables (uranium et plutonium) lors du traitement du combustible usé. Après vitrification, ces déchets sont entreposés pour décroissance thermique, ils seront ensuite stockés en couche géologique profonde (à ce jour, seuls les colis de verre de faible puissance thermique pourraient être mis en stockage).

A fin 2007, la répartition en volume et en activité des déchets produits en France est (source Andra) :

	% en volume	% en activité
TFA et FMA-VC	89,0	inférieur à 0,03 %
FA-VL	7,2	inférieur à 0,01 %
MA-VL	3,6	5
HA-VL	0,2	95

L'industrie électronucléaire actuelle génère environ 12 000 m³/an de déchets TFA&FMA-VC et 500 m³/an de déchets MA&HA-VL (dans l'inventaire actuel, les déchets FA-VL et une partie des déchets MA-VL résultent d'anciennes activités).

La gestion des déchets radioactifs

L'utilisation des propriétés des radioéléments, que ce soit pour la production d'énergie, la recherche nucléaire, l'industrie ou la santé, génère des déchets. Les exploitants améliorent continuellement leurs installations afin de réduire en volume et en activité ces déchets. En France, plusieurs milliers de personnes travaillent à leur gestion (tri, traitement, conditionnement, transport, entreposage ou stockage) selon des procédures et des méthodes codifiées et sous le contrôle des autorités publiques.

La gestion à long terme des déchets TFA & FMA-VC est assurée par leur stockage dans des sites géologiques adaptés existants. Pour les autres filières, la loi du 30 décembre 1991, dite « loi Bataille » du nom de son rapporteur à l'Assemblée Nationale, prescrivait 15 ans de recherche suivant 3 axes :

1. La séparation et à la transmutation des éléments radioactifs à vie longue,
2. Le stockage en couche géologique profonde,
3. L'entreposage de longue durée.

Le CEA a mis ses efforts en commun avec d'autres partenaires, et notamment l'Andra pour remettre au gouvernement, en juin 2005, les rapports finaux sur ces 15 années de recherche.

Au terme d'un débat public, une nouvelle loi de programme relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs a été votée le 28 juin 2006. Elle :

- maintient les recherches dans le domaine de la séparation-transmutation afin d'en

évaluer les perspectives industrielles en 2012 et de mettre un prototype en exploitation avant fin 2020,

- demande de choisir un site et de concevoir un stockage réversible en couche géologique profonde pour une demande d'autorisation de construction en 2015 et une mise en service à l'horizon 2025,
- positionne l'entreposage comme un élément de complémentarité avec les axes précédents,
- prescrit la mise au point de solution de stockage pour les déchets radifères et graphite (FA-VL),
- institue le PNGMDR (Plan national de gestion des matières et déchets radioactifs) qui doit être mis à jour tous les 3 ans et évalué par l'OPECST,
- reconduit la Commission nationale d'évaluation scientifique,
- définit les missions de l'Andra et le financement de son fonctionnement,
- prescrit l'évaluation par les exploitants des charges financières futures pour démantèlement et gestion des déchets et institue la Commission nationale d'évaluation financière.

Principaux éléments contenus dans les combustibles usés

(en kg/tonne de combustible REP 1 300, après 3 ans de refroidissement)

Main elements comprised in used fuel (kg/t of PWR 1300 fuel, after 3 years of cooling)

Actinides

Np	0,43
Pu	10
Am	0,38
Cm	0,042

TOTAL 10,852 kg

Uranium

TOTAL 935,548 kg

Produits de fission

Fission products

Kr, Xe	6,0	Ru, Rh, Pd	0,86
Cs, Rb	3,1	Ag, Cd,	
Sr, Ba	2,5	In, Sn, Sb	0,25
Y, La	1,7	Autres	
Zr	3,7	Ce	2,5
Se, Te	0,56	Pr	1,2
Mo	3,5	Nd	4,2
I	0,23	Sm	0,82
Tc	0,23	Eu	0,15

TOTAL 35,6 kg

Source : CNE

Déchets ultimes issus du traitement du combustible d'un REP 1 000 MWe

Ultimate waste from fuel reprocessing for a 1000 MWe PWR unit

Déchets conditionnés pour le stockage				
Déchets de procédé	Activité (GBq/an)		Matériaux d'incorporation ou d'enrobage	Volume (m ³ /an)
	Émetteurs β, γ	Émetteurs α		
Solution de produits de fission	270.10 ⁶	3,5.10 ⁶ (1)	Verre	3
Déchets de structures (coques et embouts) et déchets technologiques de zone 4 (2)	12,5.10 ⁶	18 500	Compacté	5
Boues de traitement des effluents liquides	0	0	-	0
Déchets technologiques de zones 2 et 3	52	négligeable	Ciment	20

(1) Dont plus de 99,5 % de transuraniens (moins de 0,5 % de plutonium).

(2) Les zones 4, 3 et 2 correspondent à un risque potentiel décroissant de dissémination radioactive.

Source : AREVA

Effluents annuels dus au traitement du combustible d'un REP 1 000 MWe

Waste generated annually by reprocessing the fuel of a 1000 MWe PWR unit

	Activité (GBq/an)
Effluents gazeux	
Krypton 85	45.10 ⁵
Iode 131	1,7.10 ⁻²
Iode 129	0,25
Tritium	1 125
Effluents liquides	
Émetteurs β, γ	580
Tritium	175 000
Émetteurs α	0,7

Source : AREVA

Effluents et déchets produits en 1996 par les centrales nucléaires françaises

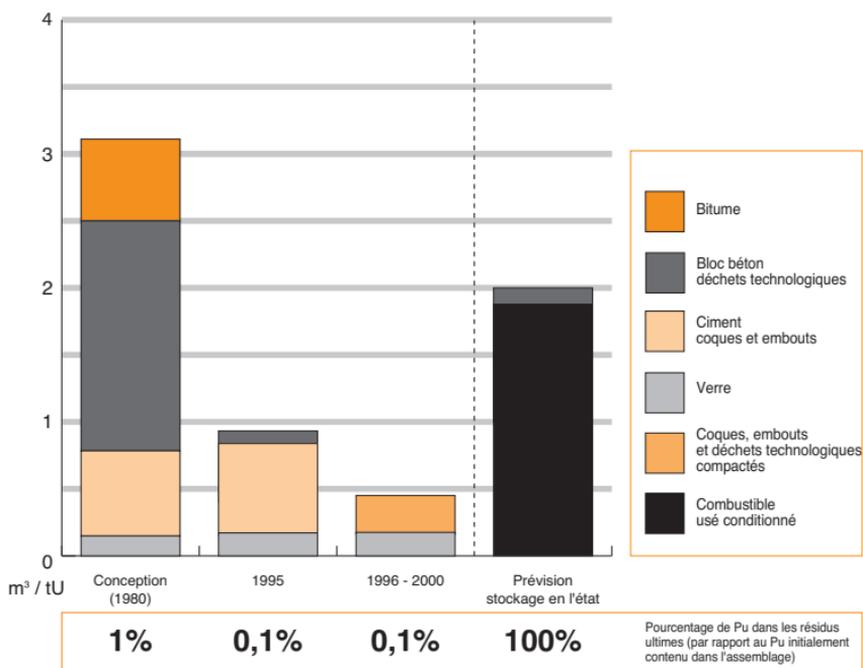
Total amount of waste generated by the French nuclear power plants in 1996

Effluents gazeux (GBq/TWh)	Gaz rares	867
	Aérosols + halogènes	0,009
Effluents liquides (GBq/TWh)	Hors tritium	0,22
	Tritium	1,778
Déchets solides (m ³ /TWh)		20

Source : CEA d'après CEPN

Volumes de résidus générés dans UP3* (Déchets à période longue après conditionnement)

Volume of waste generated in the UP3 reprocessing plant



* UP3 : Usine de production, située à La Hague

INFORMATIONS GÉNÉRALES

GENERALITIES

L'HOMME ET LES RAYONNEMENTS

Quelques définitions

Atome : dans la nature, la matière (eau, gaz, roche, êtres vivants) est constituée de molécules, qui sont des combinaisons d'atomes. Les atomes comprennent un noyau chargé positivement, autour duquel se déplacent des électrons chargés négativement. L'atome est neutre. Le noyau de l'atome comprend des protons chargés positivement, et des neutrons. C'est lui qui se transforme en émettant un rayonnement lorsque la radioactivité d'un atome se manifeste.

Élément : constituant commun aux substances à partir desquelles la matière est formée. Il ne peut être décomposé en substances plus simples, c'est-à-dire de poids plus faible, ni synthétisé à partir de ces substances par des réactions chimiques ordinaires. Il n'existe que 92 éléments naturels. Chaque élément est composé par un nom particulier et par son numéro atomique Z . Z est le nombre de protons du noyau atomique. C'est aussi le nombre d'électrons de l'atome.

Irradiation : exposition aux rayonnements.

Isotope : tous les atomes dont les noyaux ont le même nombre de protons forment un élément chimique. Lorsqu'ils ont des nombres de neutrons différents, on appelle ces atomes « isotopes ». On désigne chaque isotope d'un élément donné par le nombre total de ses nucléons : protons et neutrons.

Neutron : particule élémentaire neutre (non chargée) constitutive avec les protons des noyaux des atomes.

Nucléide : noyau atomique caractérisé par son nombre de masse, son nombre atomique et son état énergétique.

Particules α : noyaux d'hélium (2 protons, 2 neutrons).

Particules β : électrons (négatifs ou positifs).

Période radioactive : temps au bout duquel la moitié des atomes radioactifs initialement présents a disparu par transformation spontanée. La période varie d'un radionucléide à l'autre.

Radioactivité : propriété de certains nucléides d'émettre spontanément des particules (α , β) et/ou un rayonnement γ ou X .

Radioélément : élément dont tous les isotopes sont radioactifs (éléments artificiels).

Radionucléide : nucléide radioactif.

Rayonnement : processus de transmission d'énergie sous forme corpusculaire (particules) ou électromagnétique.

Rayonnement électromagnétique : défini par la propagation d'un champ électrique et d'un champ magnétique associés, plus ou moins rapidement variables, et caractérisé par sa longueur d'onde. Par exemple (par ordre de longueur d'onde décroissante) : ondes hertziennes, rayons infrarouges, lumière visible, rayons ultraviolets, rayons X , rayons γ .

Rayonnement ionisant : rayonnement électromagnétique ou corpusculaire (particules) capable de produire, directement ou indirectement, des ions (atomes ou molécules de charge électrique non nulle) lors de son passage à travers la matière.

Rayonnement X et γ : rayonnements ionisants électromagnétiques pénétrants mais peu ionisants. Leurs longueurs d'onde sont de l'ordre ou inférieures au nanomètre. Ils sont formés lors de phénomènes physiques se déroulant pour les X au niveau du cortège électronique de l'atome et pour les γ au niveau du noyau de l'atome.

Grandeurs et unités propres aux rayonnements ionisants

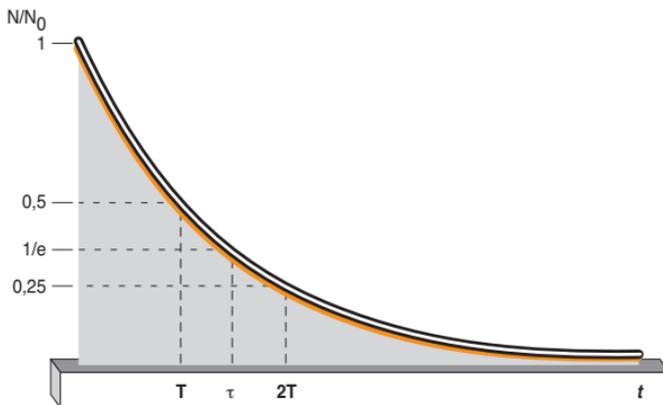
Physical units for ionizing radiation

Grandeurs	Unités	Équivalences	Définitions
ACTIVITÉ	Becquerel (Bq)	1 Bq = 27 picocuries	Grandeur représentant le nombre de désintégrations par seconde au sein d'une matière radioactive
	Curie (Ci)	1 Ci = $3,7 \cdot 10^{10}$ Bq	
DOSE ABSORBÉE	Gray (Gy)	1 Gy = 1 joule/kg = 100 rad	Quantité d'énergie communiquée à la matière par unité de masse
	Rad (rad)	1 rad = 10^{-2} Gy	
ÉQUIVALENT DE DOSE	Sievert (Sv)	1 Sv = 100 rem	Grandeur utilisée en radioprotection pour tenir compte de la différence d'effet biologique des divers rayonnements
	Rem	1 rem = 10^{-2} Sv	
DÉBIT DE DOSE ABSORBÉE	Gray par heure	1 Gy/h = 100 rad/h	Quantité d'énergie transmise à la matière irradiée par unité de masse et par unité de temps
	Rad par heure	1 rad/h = 10^{-2} Gy/h	
DÉBIT D'ÉQUIVALENT DE DOSE	Sievert par heure	1 Sv/h = 100 rem/h	Grandeur utilisée en radioprotection pour tenir compte de la différence d'effet biologique des divers rayonnements par unité de temps
	Rem par heure	1 rem/h = 10^{-2} Sv/h	

La réglementation française (Code de la santé publique et Code du travail), conformément à la directive 96/29/Euratom du 13 mai 1996, fixe les limites d'équivalent de dose efficace annuelle :

- à 20 mSv/an pour les travailleurs (industrie nucléaire, radiologie médicale), décret 2003-296 du 31 mars 2003 ;
- à 1 mSv/an pour le public, décret 2001-215 du 8 mars 2001.

Décroissance de la radioactivité d'un radioélément, vie moyenne, période Radioactive decay, mean life, half life



Décroissance exponentielle d'un radioélément : N_0 atomes sont présents au temps $t = 0$. Au bout d'un temps T (la période), il n'en subsiste que la moitié ; au bout de $2T$, $1/4$ et ainsi de suite. La vie moyenne est τ .

Périodes effectives de quelques corps radioactifs Effective half life for some radioelements

	Période radioactive	Période effective approximative
Carbone 14	5 730 ans	12 jours
Césium 137	30,2 ans	70 jours
Cobalt 60	5,3 ans	10 jours
Iode 131	8 jours	8 jours
Plutonium 239	24 110 ans	50 ans
Potassium 40	1,26 milliard d'années	30 jours
Strontium 90	29 ans	15 ans
Tritium	12,32 ans	12 jours

Source : D'après « Handbook of radiation measurement and protection », Allen Brodsky, CRC Press Ed.

Pour chaque radioélément, par analogie avec la période physique, la période biologique est le temps nécessaire à l'organisme pour éliminer la moitié de la quantité initialement absorbée. La décroissance radioactive et l'élimination biologique concourent à faire décroître l'irradiation dans l'organisme. La **période effective** est définie comme le temps requis pour que l'activité entrée à l'origine ait décré de moitié. Les périodes effective (T_e), radioactive (T_r) et biologique (T_b) sont reliées par la formule :
$$\frac{1}{T_e} = \frac{1}{T_r} + \frac{1}{T_b}$$

Pouvoir de pénétration des rayonnements ionisants

Radiation ionizing stopping power

Particules alpha (α)

Noyaux d'hélium (2 protons, 2 neutrons). Pénétration très faible dans l'air. Une simple feuille de papier est suffisante pour les arrêter.

Particules bêta moins : électrons (β)

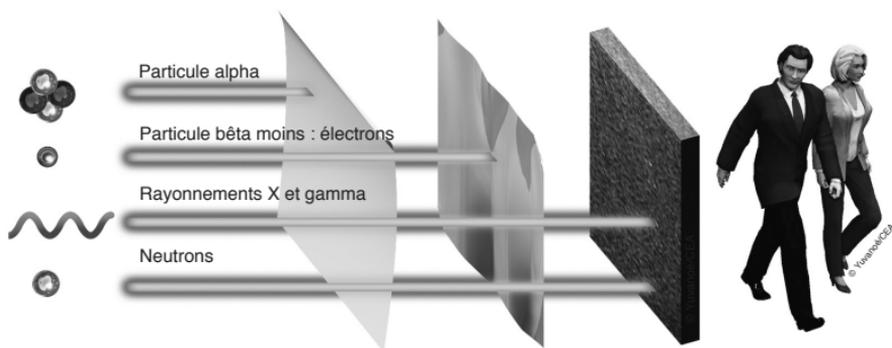
Pénétration faible. Ils parcourent quelques mètres dans l'air. Une feuille d'aluminium de quelques millimètres peut arrêter les électrons.

Rayonnements X et gamma (γ)

Pénétration très grande, fonction de l'énergie du rayonnement : plusieurs centaines de mètres dans l'air. Une forte épaisseur de plomb ou de béton permet de s'en protéger.

Neutrons

Pénétration dépendante de leur énergie. Une forte épaisseur de béton, d'eau ou de paraffine arrête les neutrons.

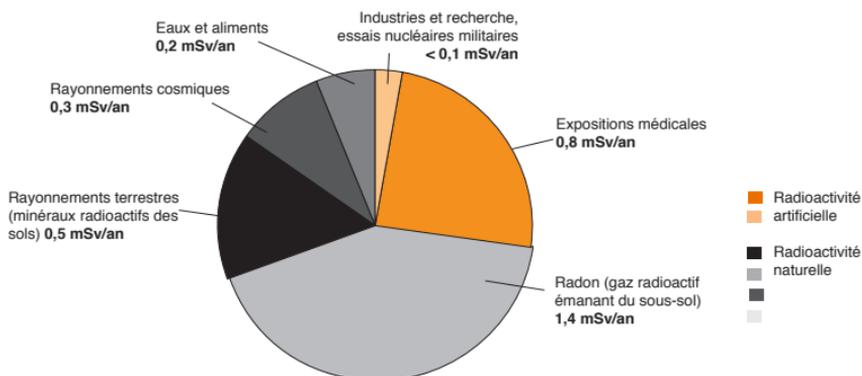


Expositions aux rayonnements ionisants en France (hors activités professionnelles) Ionizing radiation exposure in France (other than occupational)

Radioactivité	Origine	Provenance	Type de rayonnement prédominant	Dose ⁽¹⁾ exprimée en mSv/an
naturelle	Cosmique	Soleil, étoiles, galaxies	γ , neutrons, particules lourdes	0,3 (niveau de la mer)
	Tellurique (uranium 238, potassium 40, thorium 232)	sol	γ	0,5
	Interne potassium 40, plomb, bismuth, polonium, radons et descendants	ingestion aliments, eau inhalation, air	α , β , γ	1,6
artificielle	Médecine	radiodiagnostic, radiothérapie imagerie nucléaire	X, β , γ	0,8
	Industrie	effluents et irradiation directe		< 0,1
	Essais nucléaires			0,01
	Domestique, divers	récepteurs TV, cadrans lumineux		0,001

(1) Ces valeurs sont des ordres de grandeur pouvant varier considérablement d'un cas à l'autre.
Source : OCDE-AEN et CEA

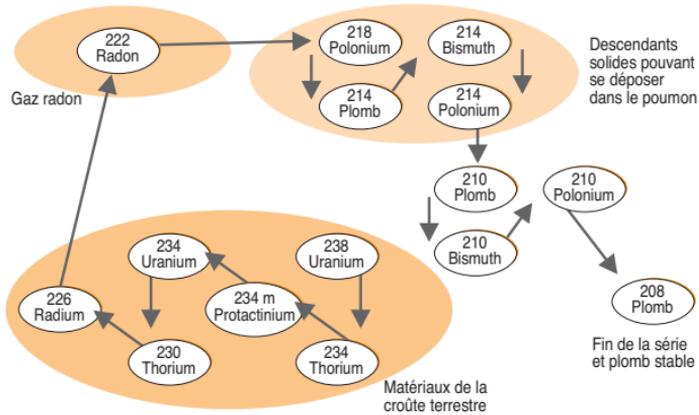
Exposition aux rayonnements ionisants de la population en France Doses annuelles (mSv/an) - Total : 3,3 mSv/an par personne en moyenne



Source : Estimation 2005 - IRSN

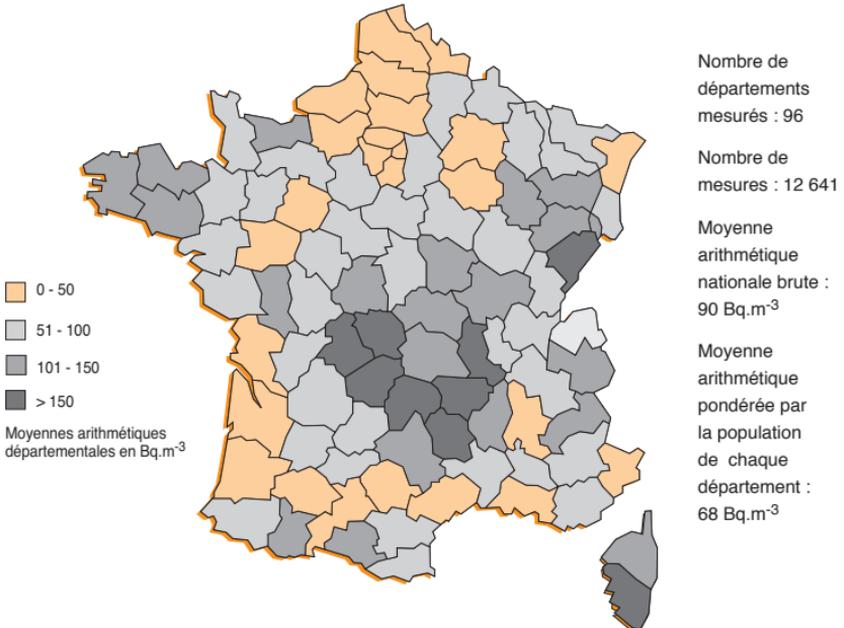
Le radon

Le radon est un gaz radioactif qui provient de la désintégration de l'uranium et du radium présents dans la croûte terrestre. Sa désintégration donne naissance à des éléments eux-mêmes radioactifs puis à du plomb. Le radon fait partie des gaz rares comme le néon, le krypton et le xénon.



Source : CEA/IRSN

Carte des activités volumiques du radon dans les habitations, en France Bilan de 1982 à 2000



Source : IRSN, Bilan du 1^{er} janvier 2000

Exposition moyenne mondiale aux sources naturelles d'irradiation

World average exposure from natural sources

Source d'exposition	Dose effective annuelle (mSv)	
	Moyenne	Domaine de variation typique
Rayonnement cosmique		
Composante directement ionisante et photonique	0,28	
Composante neutronique	0,10	
Radionucléides cosmogéniques	0,01	
Exposition cosmique et cosmogénique totale	0,39	0,3 - 1,0 (a)
Irradiation externe tellurique		
En plein air	0,07	
Dans les bâtiments	0,41	
Exposition externe tellurique totale	0,48	0,3 - 0,6 (b)
Inhalation		
Séries uranium et thorium	0,006	
Radon (222 Rn)	1,15	
Thoron (220 Rn)	0,10	
Exposition totale par inhalation	1,26	0,2 - 10 (c)
Ingestion		
Potassium 40 (⁴⁰ K)	0,17	
Séries uranium et thorium	0,12	
Exposition totale par ingestion	0,29	0,2 - 0,8 (d)
Total	2,4	1 - 10

(a) Du niveau de la mer à haute altitude.

(b) Selon la composition du sol et des matériaux de construction.

(c) Selon l'accumulation de radon dans les bâtiments.

(d) Selon la nature de la nourriture et de l'eau de boisson.

Source : UNSCEAR

L'activité radioactive - exemples

Examples of natural or human generated activity

L'intensité d'un rayonnement traduit l'activité de la source radioactive émettrice que l'on exprime en becquerel. Un becquerel correspond à la désintégration d'un noyau d'atome par seconde. A l'aide de compteurs appropriés, on mesure instantanément de très faibles comme de très forts niveaux de radioactivité.

Les valeurs d'activité suivantes sont des ordres de grandeur.

Exemples de radioactivité naturelle :

Nature	Activité
Eau de pluie	0,5 Bq par kg
Eau de mer	12 Bq par kg
Terre	1 000 Bq par kg (varie entre 500 et 5 000 Bq par kg selon les terrains)
Pomme de terre	150 Bq par kg
Lait	40 Bq par kg
Engrais phosphatés	5 000 Bq par kg
Homme	130 Bq par kg (8 000 à 10 000 Bq pour un adulte)

Exemples de radioactivité artificielle en médecine :

Nature	Activité injectée au patient
Scintigraphie thyroïdienne	37 millions de Bq (technétium 99 métastable)
Scintigraphie osseuse	550 millions de Bq (technétium 99 métastable)
Scintigraphie myocardique	74 millions de Bq (thallium 201)

Exemple de radioactivité artificielle dans l'industrie nucléaire :

Nature	Activité
Combustible utilisé en sortie de réacteur (1/4 de cœur déchargé)	10^{19} Bq = 10 milliards de milliards de Bq

Source : Andra

RADIOPROTECTION ET SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Institutions internationales

- l'**AIEA** (Agence internationale pour l'énergie atomique), fondée en 1957, au sein de l'organisation des Nations unies, s'assure que les dispositions de sécurité, tant au niveau de la conception que de l'exploitation des installations, sont satisfaisantes. L'AIEA anime, à la demande des autorités nationales, des missions d'évaluation de la sûreté des installations nucléaires, appelées OSART ;
- l'**AEN**, l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'OCDE, favorise entre les États les échanges d'informations à la fois techniques, scientifiques et juridiques sur la production et l'utilisation de l'énergie nucléaire ;
- l'**Euratom** ou CEEA (Communauté européenne de l'énergie atomique), instituée en 1957, offre un cadre privilégié de coopération, notamment dans le domaine de la R&D des industries nucléaires. C'est en vertu du traité Euratom que la Commission de Bruxelles élabore des normes de base en matière de radioprotection.

Loi sur la transparence et la sécurité en matière nucléaire

La Loi du 13 juin 2006 renouvelle l'encadrement des activités nucléaires dans un dispositif juridique cohérent et complet. Son objectif est de :

- créer une Autorité de sûreté nucléaire en autorité administrative indépendante ;
- définir les principes de l'information du public en matière de sécurité nucléaire ;
- offrir un cadre légal aux Commission locales d'information ;
- instituer un Haut comité de la transparence ;
- encadrer les autorisations des activités nucléaires et leur contrôle.

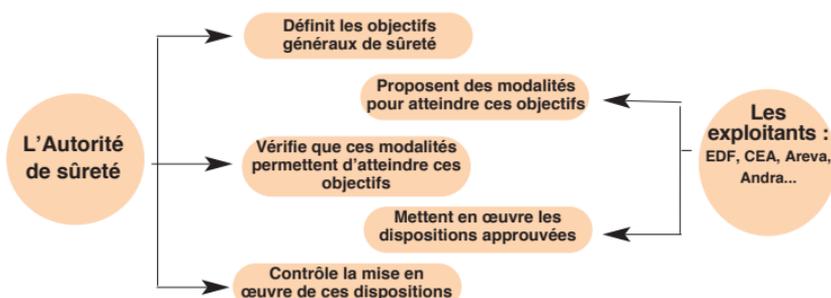
L'Autorité de sûreté

L'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) est une autorité administrative indépendante chargée de contrôler l'ensemble des activités nucléaires exercées en France dans le domaine civil. Elle assure, au nom de l'État, le contrôle de la sûreté nucléaire et de la radioprotection en France pour protéger les travailleurs, les patients, le public et l'environnement des risques liés à l'utilisation du nucléaire.

Organisation : L'ASN se compose d'une commission, d'un comité exécutif, de conseillers, de services centraux constitués de sept sous-directions et de onze délégations régionales.

Missions : Elles s'articulent autour de ses trois métiers « historiques » : la réglementation, le contrôle et l'information du public.

Principes du contrôle de la sûreté nucléaire en France



Source : ASN

Classement des incidents : l'échelle INES

INES (International Nuclear Event Scale) est une échelle de gravité des événements nucléaires destinée à faciliter la perception par les médias et le public de l'importance des incidents et des accidents nucléaires.

Sur la base de la proposition française, l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) a mis à l'essai dans les pays membres un nouveau volet de l'échelle INES relatif aux incidents de radioprotection, prenant en compte les sources radioactives et les transports de matières radioactives. Il intègre le principe de la relation entre le risque radiologique et la gravité de l'événement. Dans un premier temps, la France a limité l'expérience d'application systématique de cette nouvelle échelle aux installations nucléaires de base dans l'optique d'une utilisation ultérieure élargie aux installations médicales, industrielles ou de recherche.

Source : asn.gouv.fr

Structure fondamentale de l'échelle INES

Critères liés à la sûreté			
	Conséquences à l'extérieur du site	Conséquences à l'intérieur du site	Dégradation de la défense en profondeur
7 Accident majeur	Rejet majeur : effets étendus sur la santé et l'environnement		
6 Accident grave	Rejet important susceptible d'exiger l'application intégrale des contre mesures prévues		
5 Accident	Rejet limité susceptible d'exiger l'application partielle des contre-mesures prévues	Endommagement grave du cœur de réacteur / des barrières radiologiques	
4 Accident	Rejet mineur : exposition du public de l'ordre des limites prescrites	Endommagement important du cœur de réacteur / des barrières radiologiques / exposition mortelle d'un travailleur	
3 Incident grave	Très faible rejet : exposition du public représentant une fraction des limites prescrites	Contamination grave / effets aigus sur la santé d'un travailleur	Accident évité de peu / perte des barrières
2 Incident		Contamination importante / surexposition d'un travailleur	Incidents assortis de défaillances importantes des dispositions de sécurité
1 Anomalie			Anomalie sortant du régime de fonctionnement autorisé
0 Ecart	Aucune importance du point de vue de la sûreté		
Événements hors échelle	Aucune pertinence du point de vue de la sûreté		

Source : ASN

ENVIRONNEMENT

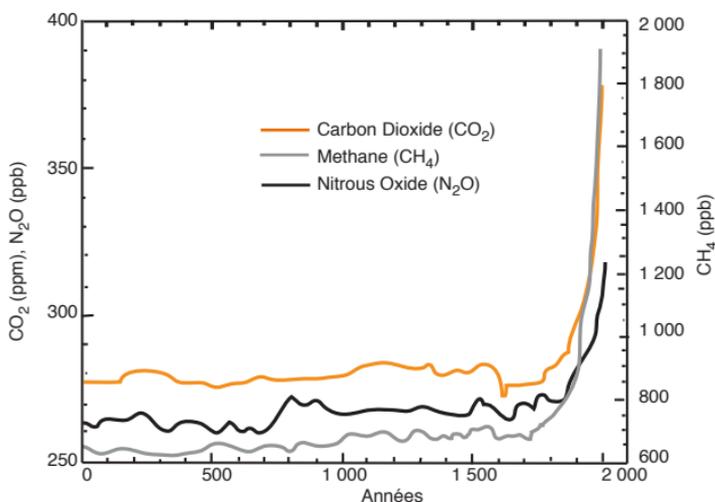
Qu'est-ce que l'effet de serre ?

L'effet de serre est la capacité des gaz composant l'atmosphère à laisser passer dans un sens le rayonnement solaire et dans l'autre sens à absorber et renvoyer dans toutes les directions le rayonnement infrarouge émis par la terre, ce qui induit un réchauffement du sol. Cet effet existe à l'état naturel puisque la température moyenne à la surface de la terre, qui est de 15°C, serait sans celui-ci de -18°C. Chaque gaz est caractérisé par un pouvoir de réchauffement global PRG, dépendant de sa propre capacité à absorber les rayonnements ainsi que de sa durée de séjour dans l'atmosphère.

Afin de comparer les gaz entre eux, on utilise le PRG relatif d'un gaz, c'est-à-dire le PRG ramené, à concentration égale, à celui du CO₂ (dioxyde de carbone). Le CH₄ et le N₂O ont des PRG relatifs nettement plus importants que le CO₂ (cf tableau) mais bien moindres que ceux des autres gaz. Concernant les CFC, leur production est interdite depuis la Conférence de Montréal, mais leurs substituts, HCFC et HFC, s'ils préservent la couche d'ozone, ne sont pas moins redoutables pour l'effet de serre. C'est pourquoi un amendement a été apporté au Protocole de Montréal (et relayé dans la législation communautaire) visant notamment à arrêter en 2004 la production de HCFC dans les pays développés.

Evolution des concentrations atmosphériques des principaux gaz à effet de serre au cours du temps (GIEC 2007)

History of greenhouse gas atmospheric rate (IPCC 2007)



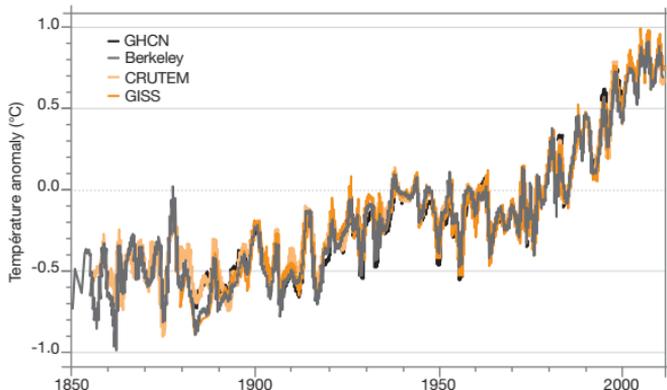
ppm = partie par million
ppb = partie par milliard (billion en anglais)

Gaz	Pouvoir global de réchauffement relatif / CO ₂ à un horizon de 100 ans
CO ₂	1
CH ₄	25
N ₂ O	298

Source : Giec 2007

Anomalies de la température moyenne globale annuelle de l'air à la surface terrestre relatives au climat de la période 1961-1990 ; valeurs issues des dernières versions de 4 jeux de données différents (Berkeley, CRUTEM, GHCN et GISS)

Global annual average land-surface air temperature (LSAT) anomalies relative to a 1961-1990 climatology from the latest versions of four different data sets (Berkeley, CRUTEM, GHCN and GISS)



Source : IPCC 2013

Prévisions en fonction des scénarios RCP* du GIEC des augmentations de la température globale moyenne d'équilibre à la surface terrestre et du niveau de la mer par rapport au niveau pré-industriel (°C)

Estimations according to IPCC RCP* scenarios of the global average Earth's surface temperature and sea level increasing compared to pre-industrial level (°C)

Variable	Scénario	2046-2065		2081-2100	
		Moyenne	Fourchette probable	Moyenne	Fourchette probable
Hausse des températures moyennes mondiales à la surface de la Terre (°C)	RCP 2.6	1,0	0,4 à 1,6	1,0	0,3 à 1,7
	RCP 4.5	1,4	0,9 à 2,0	1,8	1,1 à 2,6
	RCP 6.0	1,3	0,8 à 1,8	2,2	1,4 à 3,1
	RCP 8.5	2,0	1,4 à 2,6	3,7	2,6 à 4,8
Elévation du niveau moyen mondial de la mer (cm)	RCP 2.6	24	17-32	40	26-55
	RCP 4.5	26	19-33	47	32-63
	RCP 6.0	25	18-32	48	33-63
	RCP 8.5	30	22-38	63	45-82

Caractéristiques principales des RCP*

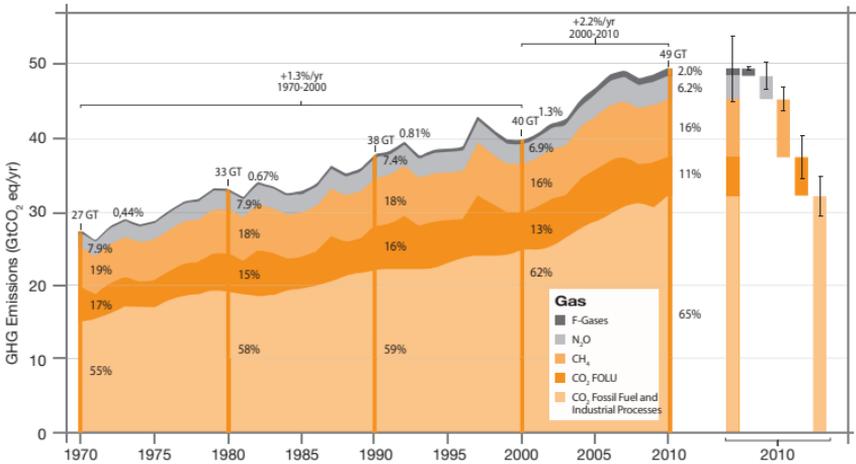
Nom du scénario	Forçage radiatif (par rapport à 1750)	Concentration en GES (ppm)	Trajectoire
RCP 8.5	> 8,5 W/m ² en 2100	> 1 370 ppm CO ₂ e en 2100	croissante
RCP 6.0	~ 6 W/m ² avec stabilisation après 2100	~ 850 ppm en CO ₂ e avec stabilisation après 2100	stabilisation sans dépassement
RCP 4.5	~ 4,5 W/m ² avec stabilisation après 2100	~ 660 ppm CO ₂ e avec stabilisation après 2100	stabilisation sans dépassement
RCP 2.6	pic à ~ 3 W/m ² avant 2100 puis déclin	pic ~ 490 ppm CO ₂ e avant 2100 puis déclin	pic puis déclin

* RCP : Representative Concentration Pathway

Source : MEDDE/SCEE/ONERC 2013

Total annuel des émissions mondiales par groupe de gaz à effet de serre d'origine anthropogénique (1970-2010)

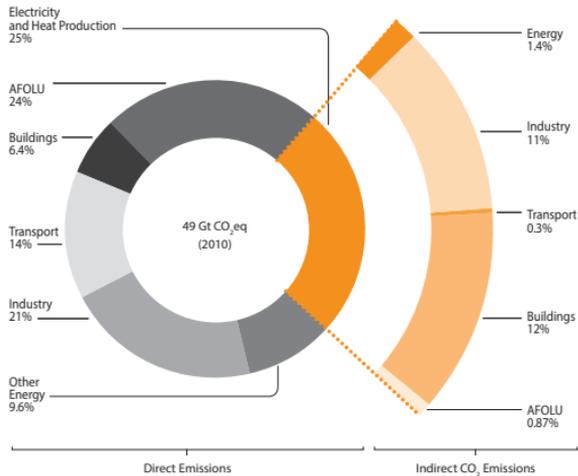
Total World annual anthropogenic GHG Emissions by Groups of Gases (1970-2010)



Source : IPCC 2014

Emissions de gaz à effet de serre par secteurs économiques

Greenhouse Gas Emissions by economic sectors

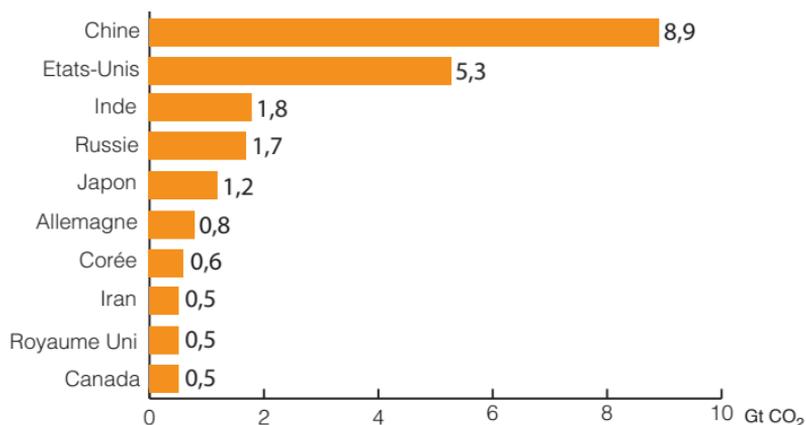


The inner circle shows direct GHG emission shares (% of total anthropogenic GHG emissions) of five different economic sectors during 2010. The pull-out to the right shows how indirect CO₂ emission shares from electricity and heat production are attributed to sectors of final energy use.

Source : IPCC 2014

Les plus gros émetteurs de CO₂ en 2011

The 10 biggest CO₂ emitters in 2011



Source : CO₂ Emissions from fuel combustion, AIE, éd. 2013

Emissions types de la production électrique (Valeurs pour les kWh d'EDF*)

Filières	Emissions** (g équiv. CO ₂ /kWh)
Eoliennes	14
Nucléaire	4
Hydraulique fil de l'eau	6
Hydraulique retenue	6
Hydraulique pompage	137
TAC (turbine à combustion)	1 103
Diesels	885
Charbon 600 MW (avec désulfuration)	1 022
Fioul	1 119
Charbon 250 MW (sans désulfuration)	1 065
CCG***	499

* Résultats issus d'études ACV

** Les émissions considérées sont les principaux gaz contribuant à l'effet de serre. La pondération par leur potentiel de réchauffement global respectif, à horizon 100 ans, permet d'obtenir l'indicateur exprimé en équivalent CO₂.

*** Les valeurs retenues sont celles publiées par EcoInvent.

Source : Profil Environnemental du kWh EDF ; coefficients 2012 utilisés pour les calculs de l'année 2014 sur www.edf.fr

Principaux évènements sur les changements climatiques

Au niveau mondial,

- Mai 1992 : lors de la conférence de Rio de Janeiro, adoption par les Nations Unies de la convention-cadre sur les changements climatiques (CCNUCC)
- Décembre 1997 : ratification du Protocole de Kyoto
- Février 2005 : entrée en vigueur du protocole de Kyoto
- Octobre 2006 : parution du rapport Stern
- Novembre 2007 : parution du 4^e rapport du GIEC
- Décembre 2007 : au cours des négociations de l'ONU à Bali, accord sur une feuille de route pour les deux années à venir pour préparer le cadre post-2012
- Décembre 2008 : autre étape préparatoire à Poznan des futures négociations de l'ONU à Copenhague visant à établir un nouvel accord post-Kyoto
- Décembre 2009 et janvier 2010 : négociations de Copenhague, annonce, par certains pays (dont tous ceux de l'Annexe 1), d'objectifs non contraignants de réduction des émissions de gaz à effet de serre pour 2020 et, par d'autres, de plans d'actions domestiques
- Décembre 2012 : décision de l'ONU à Doha d'une deuxième période du protocole de Kyoto
- Fin 2013, début 2014 : parution du 5^e rapport du GIEC
- Fin 2015 : négociations post Kyoto à Paris.

Au niveau européen,

- Juin 2000 : lancement du Programme européen sur les changements climatiques (PECC)
- Janvier 2005 : entrée en vigueur du système européen d'échange des quotas d'émissions de gaz à effet de serre (EU-ETS)
- Octobre 2005 : lancement du second programme européen sur le changement climatique (PECC II)
- Janvier 2007 : annonce par la Commission Européenne d'un objectif à l'horizon 2020 de 20 % de réduction des émissions de gaz à effet de serre, avec une augmentation de 20 % de l'efficacité énergétique, et une part de 20 % d'énergies renouvelables dans la consommation énergétique totale, dont 10 % de biocarburants dans la consommation totale des véhicules
- Janvier 2008 : présentation par la Commission européenne d'une proposition de mise en œuvre des mesures annoncées en 2007 (Paquet énergie-climat)
- Décembre 2008 : adoption du Paquet-énergie-climat en codécision par le Conseil et le Parlement européen
- 24 octobre 2014 : vote d'un accord sur des objectifs globaux climatiques et énergétiques pour 2030.

Au niveau français,

- Juillet 2005 : adoption de la loi Pope (Programmation fixant les orientations de la politique énergétique de la France)
- Juillet - Décembre 2007 : Grenelle de l'Environnement
- 2009 (resp.2010) : adoption de la loi Grenelle I (resp. II) par le Sénat et l'Assemblée nationale
- Juillet 2011 : parution du Plan national d'adaptation au changement climatique
- 2012 : première conférence environnementale
- 2013 : Débat national sur la transition énergétique (DNTE)
- Octobre 2014 : vote par l'assemblée nationale en première lecture de la loi sur la transition énergétique.

La Conférence de Kyoto

Dans le prolongement de la Conférence de Rio de Janeiro de 1992 sur l'environnement et le développement (CNUED), 159 pays se sont réunis, dans le cadre de l'ONU à Kyoto du 2 au 11 décembre 1997, pour adopter un protocole international de lutte contre les changements climatiques attendus.

Les pays dits de « l'annexe B » se sont alors engagés à une réduction globale de 5,5 % de leurs émissions de gaz à effet de serre par rapport à 1990 pendant la période allant de 2008 à 2012. Les objectifs différenciés par pays (voir tableau ci-dessous pour l'Europe) couvrent six gaz à effet de serre : le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄), l'oxyde nitreux (N₂O), ainsi que trois substituts des chlorofluorocarbures (CFC, interdits par le protocole de Montréal sur la production de la couche d'ozone) : l'hydrofluorocarbure (HFC), le perfluorocarbure (PFC) et l'hexafluorure de soufre (SF₆). Les pays en voie de développement ne sont pas concernés par ces engagements chiffrés.

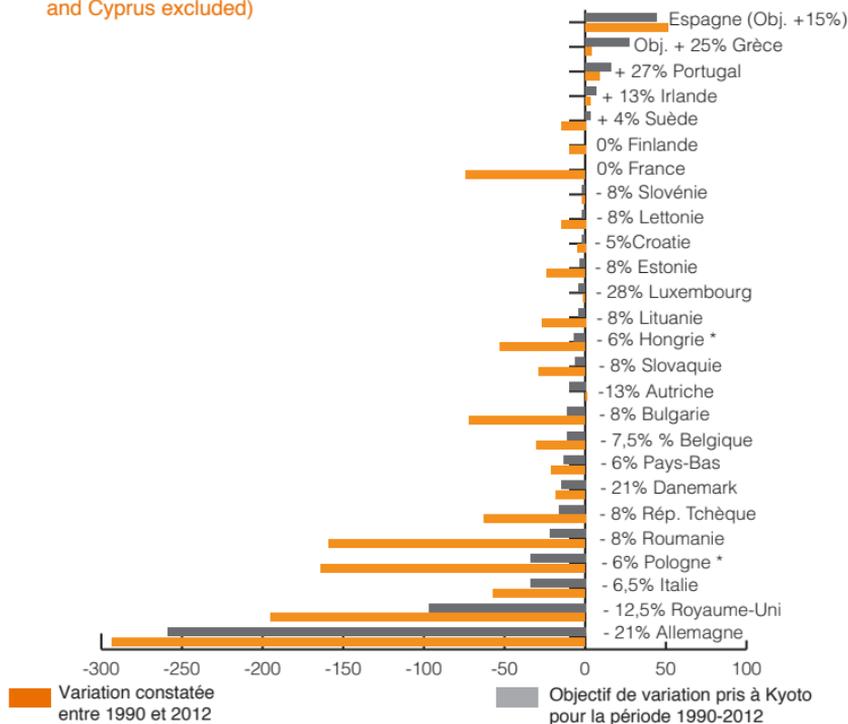
« L'annexe B » est issu de « l'annexe 1 » de la Convention Cadre sur les Changements Climatiques (New York 1992) signée à Rio la même année.

Le protocole ne pouvait entrer en vigueur qu'à la condition qu'il ait été ratifié par au moins 55 pays représentant au moins 55 % du volume total des émissions de dioxyde de carbone en 1990 de l'ensemble des pays figurant dans « l'annexe B ». Les Etats-Unis restent le seul pays développé de l'Annexe B à ne pas l'avoir ratifié. Par suite de l'adhésion de la Russie en novembre 2004, le Protocole de Kyoto a prévu, pour les pays, la possibilité de recourir à des mécanismes dits « de flexibilité », en complément des politiques et mesures qu'ils devront mettre en œuvre au plan national.

Voir <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpfrench.pdf>

Situation des émissions de gaz à effet de serre des pays de l'UE-28 vis-à-vis des engagements de Kyoto (hors Malte et Chypre sans objectif)

Situation of greenhouse emissions for European countries toward Kyoto Protocol (Malta and Cyprus excluded)



* Estimation 1990

Source : Annual European Union GHG inventory 1990-2011 and inventory report 2013, 2013 EEA

Situation des émissions de gaz à effet de serre des pays d'Europe vis-à-vis du Protocole de Kyoto

Situation of greenhouse gas emissions for Europ countries towards Kyoto Protocol

Pays Country	Emissions 1990 (Mt CO ₂ éq) 1990 emissions	Objectif 2008-2012 par rapport à l'année de référence (%) 2008-2012 target compared to reference year	Emissions maximales en 2012 (Mt CO ₂ équiv) 2012 maximum emissions	Emissions 2008 2008 emissions	Situation 2012 par rapport à l'année de référence (%) Situation 2012 compared to reference year
Allemagne Germany	1 232	-21	973	958,1	-23,8
Autriche Austria	78	-13	68	86,6	2,4
Belgique Belgium	143	-7,5	133	133,3	-18,8
Danemark Denmark	69	-21	54	63,8	-25,1
Espagne Spain	285	15	328	405,7	19,5
Finlande Finland	70	0	70	70,1	-13,4
France	563	0	563	527	-13,0
Grèce Greece	103	25	129	126,9	7,5
Irlande Ireland	55	13	62	67,4	6,8
Italie Italy	517	-6,5	483	541,5	-11,0
Luxembourg	13	-28	9	12	-9,9
Pays-Bas Netherlands	212	-6	199	206,9	-9,6
Portugal	59	27	75	78,4	16,0
Royaume-Uni UK	772	-12,5	675	628,2	-24,7
Suède Sweden	72	4	75	64	-20,4
Communauté européenne 15 European Community 15	4 245	-8	3 905	3 970	-14,7
Bulgarie * Bulgaria *	117	-8	108	73,5	-48,0
Chypre ** Cyprus **	5	pas d'objectif no objective	pas d'objectif no objective	10,2	75,5
Croatie Croatia	31	-5	30	31	-15,9
Estonie Estonia	41	-8	38	20,3	-52,9
Hongrie * Hungary *	97	-6	92	73,1	-36,3
Lettonie Latvia	27	-8	25	11,9	-59,0
Lituanie Lithuania	50	-8	46	24,3	-56,5

Source : Annual European Union GHG inventory 1990-2011 and inventory report 2014, 2014 EEA

Pays Country	Emissions 1990 (Mt CO ₂ éq)	Objectif 2008-2012 par rapport à l'année de référence (%)	Emissions maximales en 2012 (Mt CO ₂ équiv)	Emissions 2008	Situation 2012 par rapport à l'année de référence (%)
	1990 emissions	2008-2012 target compared to reference year	2012 maximum emissions	2008 emissions	Situation 2012 compared to reference year
Malte ** Malta **	2	pas d'objectif no objective	pas d'objectif no objective	3	40,9
Pologne * Poland *	453	-6	426	395,6	-11,9
Rép. Tchèque Czech Republic	195	-8	180	141,4	-32,6
Roumanie * Romania *	242	-8	223	145,9	-50,9
Slovaquie Slovak Republic	74	-8	68	48,8	-42,2
Slovénie * Slovenia *	19	-8	17	21,3	2,2
Union européenne 28 ** European Union 28**	5 567	pas d'objectif no objective	pas d'objectif no objective	4 970	-18

* Certains pays en transition utilisent des années de référence autres que 1990 : Bulgarie (1988), Hongrie (1985-1987), Pologne (1988), Roumanie (1989), Slovénie (1986).

* Some transition countries use different years of reference than 1990: Bulgaria (1988), Hungary (1985-1987), Poland (1988), Roumania (1989), Slovenia (1986).

** L' EU 28, Chypre, Malte et la Turquie n'ont pas d'objectif vis-à-vis du Protocole de Kyoto et donc aucune année légale de référence. Dans ce tableau, les émissions de 1990 servent d' émissions de référence pour eux.

** The EU 28, Cyprus, Malta and Turkey have no target under the Kyoto Protocol, and therefore no legal base year. In this table, 1990 emissions are used as reference emissions for them.

Source : Annual European Union GHG inventory 1990-2011 and inventory report 2014, 2014 EEA

Monde : évolution des émissions de CO₂ *

World: evolution of CO₂ emissions *

Mt CO ₂ Mt of CO ₂	1971	1980	1990	2000	2010	2011	%/an 1971 2011 %/year	%/an 1990- 2011 %/year	% 1990- 2011 %
Amérique OCDE (1) <i>OECD America (1)</i>	4 735	5 453	5 605	6 594	6 419	6 310	0,1	0,6	14,5
dont Etats-Unis of which USA	4 275	4 763	4 860	5 676	5 428	5 307	0,1	0,5	11,7
Amérique non OCDE <i>Non OECD America</i>	350	552	601	819	1 088	1 099	0,3	2,9	81,0
dont Brésil of which Brazil	94	190	205	310	398	417	0,4	3,2	94,2
Europe OCDE (2) <i>OECD Europe (2)</i>	3 728	4 223	4 038	4 001	3 927	3 809	0,0	-0,1	-2,8
Union européenne 27 <i>European Union 27</i>	-	-	4 132	3 876	3 713	3 591		-0,5	-10,2
dont France of which France	435	473	368	362	358	338	0,0	-0,1	-2,7
Europe non-OCDE et Eurasie (3) <i>Non OECD-Europe and Eurasia (3)</i>	2 616	3 618	4 173	2 509	2 745	2 875	0,0	-2,0	-34,2
Moyen-Orient <i>Middle East</i>	111	308	548	913	1 581	1 581	0,7	5,2	188,8
Afrique <i>Africa</i>	246	405	602	734	1 062	1 058	0,4	2,7	76,3
Asie <i>Asia</i>	1 316	2 231	3 729	5 509	11 407	12 216	0,5	5,5	205,9
dont Chine of which China	876	1 503	2 425	3 345	7 923	8 668	0,5	5,8	226,7
dont Inde of which India	199	284	591	974	1 762	1 806	0,5	5,3	198,2
OCDE Asie Océanie (4) <i>OECD Asia Oceania (4)</i>	999	1 291	1 632	2 066	2 220	2 270	0,2	1,5	36,0
Monde <i>World</i>	14 612	18 628	21 546	23 982	31 545	32 332	0,2	1,8	46,4
dont OCDE of which OECD	9 462	10 967	11 275	12 661	12 566	12 389	0,1	0,5	11,4
dont soutes maritimes of which marine bunkers	345	348	362	486	644	645	0,2	2,8	77,7
dont soutes aéronautiques of which aviation bunkers	167	200	256	350	453	468	0,2	2,7	76,5

* Selon la méthode de référence par l'AIE (cf source) *According to the reference method considered by the IEA.*

(1) Etats-Unis, Canada, Chili & Mexique - *USA, Canada, Chile & Mexico*

(2) Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Luxembourg, Norvège, Pays Bas, Pologne, Portugal, République Slovaque, République Tchèque, Royaume Uni, Slovénie, Suède, Suisse, Turquie - *Germany, Austria, Belgium, Denmark, Spain, Estonia, Finland, France, Greece, Hungary, Ireland, Iceland, Italy, Luxembourg, Norway, Netherlands, Poland, Portugal, Slovak Republic, Czech Republic, United Kingdom, Slovenia, Sweden, Switzerland, Turkey*

(3) Albanie, Arménie, Azerbaïdjan, Belarus, Bosnie-Herzégovine, Bulgarie, Chypre, Croatie, Georgie, Gibraltar, Kazakhstan, Kirgizstan, Lettonie, Lituanie, Malte, République de Moldavie, Roumanie, République de Macédoine, Russie, Serbie, Tadjikistan, Turkménistan, Ukraine, Ouzbékistan - *Albania, Armenia, Azerbaijan, Belarus, Bosnia-Herzegovina, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Georgia, Gibraltar, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Latvia, Lithuania, FYR of Macedonia, Malta, Republic of Moldova, Romania, Russia, Serbia, Tajikistan, Turkmenistan, Ukraine, Uzbekistan*

(4) Australie, Israël, Japon, Corée et Nouvelle Zélande - *Australia, Israël, Japan, Korea & New Zealand*

Source : *CO₂ Emission from fuel combustion, AIE, éd. 2013*

Monde : émissions de CO₂ par habitant provenant de combustibles fossiles

World: CO₂ emissions per capita from fossil fuels

t CO ₂ / habitant t CO ₂ / capita	1971	1980	1990	2000	2010	2011
Amérique OCDE ⁽¹⁾ OECD America ⁽¹⁾	16,4	16,2	15,0	15,5	13,7	13,4
dont Etats-Unis of which USA	20,7	20,5	19,5	20,2	17,5	16,9
Amérique non OCDE Non OECD America	1,5	1,9	1,7	2,0	2,4	2,4
dont Brésil of which Brazil	0,9	1,5	1,3	1,7	2,0	2,1
Europe OCDE ⁽²⁾ OECD Europe ⁽²⁾	8,1	8,7	7,9	7,6	7,0	6,8
Union européenne 27 European Union 27	-	-	8,6	7,9	7,3	7,0
dont France of which France	8,2	8,4	6,1	6,2	5,5	5,0
Europe non-OCDE et Eurasie ⁽³⁾ Non OECD Europe and Eurasia ⁽³⁾	7,5	10,6	11,6	7,1	7,7	8,1
Moyen Orient Middle East	1,5	3,5	4,4	5,7	7,6	7,7
Afrique Africa	0,7	0,8	0,9	0,8	1,0	0,9
Asie hors Chine Asia exclusive of China	0,4	0,5	0,8	1,1	1,5	1,5
dont Inde of which India	0,4	0,4	0,7	0,9	1,4	1,4
Chine China	1,0	1,5	2,0	2,6	5,4	5,9
OCDE Asie Océanie ⁽⁴⁾ OECD Asia Oceania ⁽⁴⁾	6,3	7,1	8,4	10,0	10,4	10,7
Monde World	3,7	4,1	4,0	3,9	4,4	4,5
OCDE OECD	10,5	10,9	10,5	11,0	10,1	10,0

(1) Etats-Unis, Canada, Chili & Mexique USA, Canada, Chile & Mexico

(2) Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Luxembourg, Norvège, Pays Bas, Pologne, Portugal, République Slovaque, République Tchèque, Royaume Uni, Slovénie, Suède, Suisse, Turquie - Germany, Austria, Belgium, Denmark, Spain, Estonia, Finland, France, Greece, Hungary, Ireland, Iceland, Italy, Luxembourg, Norway, Netherlands, Poland, Portugal, Slovak Republic, Czech Republic, United Kingdom, Slovenia, Sweden, Switzerland, Turkey

(3) Albanie, Bulgarie, Chypre, Gibraltar, Malte, Roumanie, Bosnie-Herzégovine, Croatie, République de Macédoine, Serbie, Slovénie Albania, Bulgaria, Cyprus, Gibraltar, Malta, Romania, Bosnia - Herzegovina, Croatia, FYR of Macedonia, Serbia, Slovenia

(4) Albanie, Arménie, Azerbaïdjan, Belarus, Bosnie - Herzégovine, Bulgarie, Chypre, Croatie, Georgie, Gibraltar, Kazakhstan, Kirgystan, Lettonie, Lituanie, Malte, République de Moldavie, Roumanie, République de Macédoine, Russie, Serbie, Tadjikistan, Turkménistan, Ukraine, Ouzbékistan - Albania, Armenia, Azerbaijan, Belarus, Bosnia - Herzegovina, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Georgia, Gibraltar, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Latvia, Lithuania, FYR of Macedonia, Malta, Republic of Moldova, Romania, Russia, Serbia, Tajikistan, Turkmenistan, Ukraine, Uzbekistan

(5) Australie, Israël, Japon, Corée et Nouvelle Zélande - Australia, Israël, Japan, Korea & New Zealand
Source : CO₂ Emissions from fuel combustion, AIE, éd 2013

Monde : émissions de CO₂ par unité de PIB provenant de combustibles fossiles

World: CO₂ emissions per GDP unit from fossil fuels

kg CO ₂ / US\$2005 selon PPA kg CO ₂ / US\$ using 2005 prices and PPP	1971	1980	1990	2000	2010	2011
Amérique OCDE ⁽¹⁾ OECD America ⁽¹⁾	0,9	0,8	0,6	0,5	0,4	0,4
dont Etats-Unis of which USA	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4	0,4
Amérique non OCDE Non OECD America	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
dont Brésil of which Brazil	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Europe OCDE ⁽²⁾ OECD Europe ⁽²⁾	0,6	0,5	0,4	0,3	0,3	0,3
Union européenne 27 European Union 27	-	-	0,4	0,3	0,3	0,3
dont France of which France	0,5	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2
Europe non OCDE et Eurasie ⁽³⁾ Non-OECD Europe and Eurasia ⁽³⁾	1,3	1,2	1,3	1,1	0,7	0,8
Moyen Orient Middle East	0,1	0,2	0,5	0,6	0,7	0,7
Afrique Africa	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3
Asie hors Chine Asia exclusive of China	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4
dont Inde of which India	0,4	0,5	0,6	0,5	0,5	0,4
Chine China	2,5	2,5	1,6	0,9	0,8	0,8
OCDE Asie Océanie ⁽⁵⁾ OECD Asia Oceania ⁽⁵⁾	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,4
Monde World	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5
OCDE OECD	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,3

(1) Etats-Unis, Canada, Chili et Mexique USA, Canada, Chile and Mexico

(2) Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Luxembourg, Norvège, Pays Bas, Pologne, Portugal, République Slovaque, République Tchèque, Royaume Uni, Slovaquie, Suède, Suisse, Turquie - Germany, Austria, Belgium, Denmark, Spain, Estonia, Finland, France, Greece, Hungary, Ireland, Iceland, Italy, Luxembourg, Norway, Netherlands, Poland, Portugal, Slovak Republic, Czech Republic, United Kingdom, Slovenia, Sweden, Switzerland, Turkey

(3) Albanie, Arménie, Azerbaïdjan, Belarus, Bosnie-Herzégovine, Bulgarie, Chypre, Croatie, Georgie, Gibraltar, Kazakhstan, Kirghizstan, Lettonie, Lituanie, Malte, République de Moldavie, Roumanie, République de Macédoine, Russie, Serbie, Tadjikistan, Turkménistan, Ukraine, Ouzbékistan - Albania, Armenia, Azerbaïdjan, Belarus, Bosnia-Herzegovina, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Georgia, Gibraltar, Kazakhstan, Kirghizstan, Latvia, Lithuania, FYR of Macedonia, Malta, Republic of Moldova, Romania, Russia, Serbia, Tajikistan, Turkmenistan, Ukraine, Uzbekistan

(4) Australie, Israël, Japon, Corée et Nouvelle Zélande - Australia, Israël, Japan, Korea & New Zealand
Source : CO₂ Emissions from fuel combustion, AIE, éd 2013

Principaux gaz à effet de serre

Main Greenhouse gases

Vapeur d'eau (H₂O)

Dioxyde de carbone (CO₂)

Méthane (CH₄)

Oxyde nitreux (N₂O)

Chlorofluorocarbones (CFC)

Ozone troposphérique (O₃)

Union européenne : émissions de CO₂ par habitant provenant des combustibles fossiles
 European Union: CO₂ emissions per capita from fossil fuels

t CO ₂ /habitant	t CO ₂ /capita	1971	1980	1990	2000	2010	2011
Allemagne	Germany	12,5	13,5	12,0	10,0	9,4	9,1
Autriche	Austria	6,5	7,4	7,4	7,7	8,4	8,1
Belgique	Belgium	12,1	12,8	10,8	11,6	9,9	9,9
Bulgarie	Bulgaria	7,4	9,5	8,6	5,2	5,9	6,6
Chypre	Cyprus	2,9	5,1	6,7	9,1	9,0	8,6
Danemark	Denmark	11,1	12,2	9,9	9,5	8,5	7,5
Espagne	Spain	3,5	5,0	5,3	7,1	5,8	5,9
Estonie	Estonia	-	-	22,7	10,7	13,8	14,4
Finlande	Finland	8,6	11,5	10,9	10,7	11,8	10,3
France		8,2	8,4	6,1	6,2	5,5	5,0
Grèce	Greece	2,8	4,6	6,8	8,0	7,4	7,4
Hongrie	Hungary	5,8	7,8	6,4	5,3	4,9	4,8
Irlande	Ireland	7,3	7,6	8,7	10,8	8,5	7,6
Italie	Italy	5,4	6,4	7,0	7,5	6,6	6,5
Lettonie	Latvia	-	-	7,0	2,9	3,6	3,4
Lituanie	Lithuania	-	-	9,0	3,2	4,1	4,1
Luxembourg		45,1	32,8	27,1	18,3	20,8	20,1
Malte	Malta	2,1	3,1	6,5	5,5	5,9	5,9
Pays-Bas	Netherlands	9,8	11,8	10,4	10,8	11,3	10,5
Pologne	Poland	8,7	11,6	9,0	7,6	7,9	7,8
Portugal		1,7	2,4	3,9	5,8	4,5	4,5
Rep. Tchèque	Czech Republic	15,4	16,1	15,0	11,9	10,9	10,7
Rep. Slovaque	Slovak Republic	8,5	11,1	10,7	6,9	6,5	6,2
Roumanie	Romania	5,6	7,9	7,2	3,9	3,5	3,8
Royaume-Uni	United Kingdom	11,2	10,1	9,6	8,9	7,7	7,1
Slovénie	Slovenia	-	-	6,7	7,1	7,5	7,4
Suède	Sweden	10,2	8,8	6,2	6,0	5,0	4,8
UE 27	EU 27			8,6	7,9	7,3	7,0
Canada		15,5	17,4	15,5	17,3	15,5	15,4
Chine	China	1,0	1,5	2,0	2,6	5,4	5,9
Etats-Unis	United States	20,7	20,5	19,5	20,2	17,5	16,9
Japon	Japan	7,2	7,5	8,6	9,3	8,9	9,3

Source : CO₂ emissions from fuel combustion, AIE éd 2013

Europe : émissions de CO₂ par unité de PIB provenant des combustibles fossiles

Europe: CO₂ emissions per GDP unit from fossil fuels

kg CO ₂ /US\$2005 selon PPA kg CO ₂ /US\$ using 2005 prices and PPP	1971	1980	1990	2000	2010	2011
Allemagne Germany	0,8	0,7	0,5	0,3	0,3	0,3
Autriche Austria	0,4	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2
Belgique Belgium	0,8	0,6	0,4	0,4	0,3	0,3
Bulgarie Bulgaria	2,2	1,6	1,1	0,7	0,5	0,6
Chypre Cyprus	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3
Danemark Denmark	0,6	0,6	0,4	0,3	0,3	0,2
Espagne Spain	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2
Estonie Estonia	-	-	2,2	0,9	0,8	0,8
Finlande Finland	0,7	0,7	0,5	0,4	0,4	0,3
France	0,5	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2
Grèce Greece	0,2	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3
Hongrie Hungary	0,8	0,7	0,5	0,4	0,3	0,3
Irlande Ireland	0,8	0,6	0,5	0,3	0,2	0,2
Italie Italy	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2
Lettonie Latvia	-	-	0,7	0,3	0,3	0,3
Lituanie Lithuania	-	-	0,7	0,3	0,3	0,2
Luxembourg	1,9	1,2	0,6	0,3	0,3	0,3
Malte Malta	0,5	0,3	0,5	0,3	0,3	0,3
Pays-Bas Netherlands	0,5	0,5	0,4	0,3	0,3	0,3
Pologne Poland	1,2	1,3	1,1	0,6	0,5	0,4
Portugal	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
Rép. Tchèque Czech Republic	1,3	1,1	0,9	0,7	0,5	0,5
Rép. Slovaque Slovak Republic	0,9	1,0	0,9	0,6	0,3	0,3
Roumanie Romania	1,5	1,0	0,9	0,6	0,3	0,4
Royaume-Uni UK	0,7	0,6	0,4	0,3	0,2	0,2
Slovénie Slovenia	-	-	0,4	0,4	0,3	0,3
Suède Sweden	0,6	0,4	0,3	0,2	0,2	0,1
UE 27 EU 27	-	-	0,4	0,3	0,3	0,3
Canada	0,9	0,8	0,6	0,5	0,4	0,4
Chine China	2,5	2,5	1,6	0,9	0,8	0,8
Etats-Unis United States	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4	0,4
Japon Japan	0,5	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3

Source : CO₂ Emissions from fuel combustion, AIE, éd 2013

Europe : émissions de CO₂ par kWh dans le secteur de l'électricité

Europe: CO₂ emissions per kWh from electricity generation

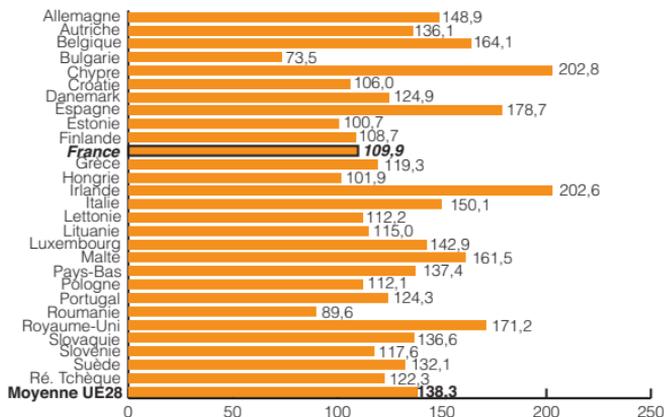
grammes CO ₂ /kWh	1990	1995	2000	2005	2010	2011
Allemagne <i>Germany</i>	607	581	526	487	461	477
Autriche <i>Austria</i>	238	206	170	218	193	215
Belgique <i>Belgium</i>	347	361	291	275	220	196
Bulgarie <i>Bulgaria</i>	761	582	478	506	542	591
Chypre <i>Cyprus</i>	838	822	838	788	705	732
Danemark <i>Denmark</i>	669	588	450	370	359	315
Espagne <i>Spain</i>	427	454	432	396	237	291
Estonie <i>Estonia</i>	932	1 062	1 063	1 048	1 014	1 086
Finlande <i>Finland</i>	188	223	173	164	230	191
France	105	73	75	79	77	61
Grèce <i>Greece</i>	990	946	820	779	718	720
Hongrie <i>Hungary</i>	496	512	469	372	317	317
Irlande <i>Ireland</i>	740	727	642	584	458	427
Italie <i>Italy</i>	575	545	498	486	406	402
Lettonie <i>Latvia</i>	115	134	135	88	120	133
Lituanie <i>Lithuania</i>	158	65	99	101	338	270
Luxembourg	2 552	1 738	528	389	379	387
Malte <i>Malta</i>	1 587	957	819	1 034	871	862
Pays-Bas <i>Netherlands</i>	607	546	477	454	415	404
Pologne <i>Poland</i>	988	905	866	818	781	780
Portugal	519	576	486	521	255	303
Rép. Tchèque <i>Czech Republic</i>	744	794	728	614	589	591
Rép. Slovaque <i>Slovak Republic</i>	389	364	245	221	197	200
Roumanie <i>Romania</i>	855	741	579	493	412	499
Royaume-Uni <i>UK</i>	672	529	472	491	457	441
Slovénie <i>Slovenia</i>	429	382	343	349	325	338
Suède <i>Sweden</i>	12	22	22	19	26	17
UE 27 <i>EU 27</i>	488	440	401	387	347	352
Canada	196	176	216	194	179	167
Chine <i>China</i>	664	903	885	867	758	764
Etats-Unis <i>United States</i>	582	590	593	574	522	503
Japon <i>Japan</i>	435	412	402	431	418	497

Source : CO₂ Emissions from Fuel combustion, AIE éd 2013

DONNÉES ÉCONOMIQUES

Prix HT € / MWh 2 ^e semestre 2013	
Allemagne	148,9
Autriche	136,1
Belgique	164,1
Bulgarie	73,5
Chypre	202,8
Croatie	106,0
Danemark	124,9
Estonie	100,7
Espagne	178,7
Finlande	108,7
France	109,9
Grèce	119,3
Hongrie	101,9
Irlande	202,6
Italie	150,1
Lettonie	112,2
Lituanie	115,0
Luxembourg	142,9
Malte	161,5
Pays-Bas	137,4
Pologne	112,1
Portugal	124,3
Roumanie	89,6
Royaume-Uni	171,2
Slovaquie	136,6
Slovénie	117,6
Suède	132,1
Ré. Tchèque	122,3
Moyenne UE 28	138,3

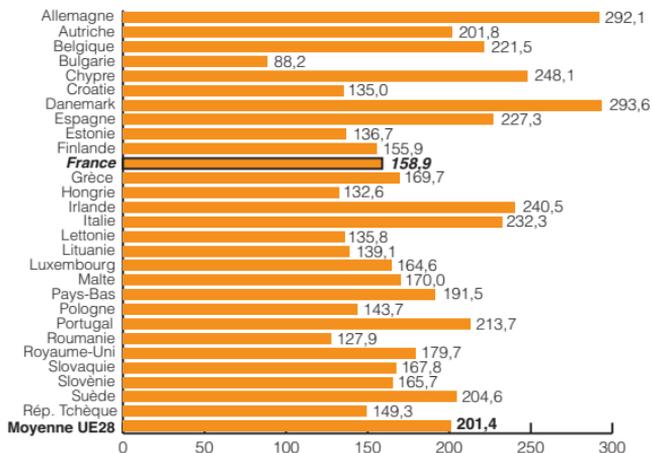
Prix HT / MWh de l'électricité
à usage domestique pour le 2^e semestre 2013



Source : Eurostat

Prix TTC € / MWh 2 ^e semestre 2013	
Allemagne	292,1
Autriche	201,8
Belgique	221,5
Bulgarie	88,2
Chypre	248,1
Croatie	135,0
Danemark	293,6
Espagne	227,3
Estonie	136,7
Finlande	155,9
France	158,9
Grèce	169,7
Hongrie	132,6
Irlande	240,5
Italie	232,3
Lettonie	135,8
Lituanie	139,1
Luxembourg	164,6
Malte	170,0
Pays-Bas	191,5
Pologne	143,7
Portugal	213,7
Roumanie	127,9
Royaume-Uni	179,7
Slovaquie	167,8
Slovénie	165,7
Suède	204,6
Rép. Tchèque	149,3
Moyenne UE 28	201,4

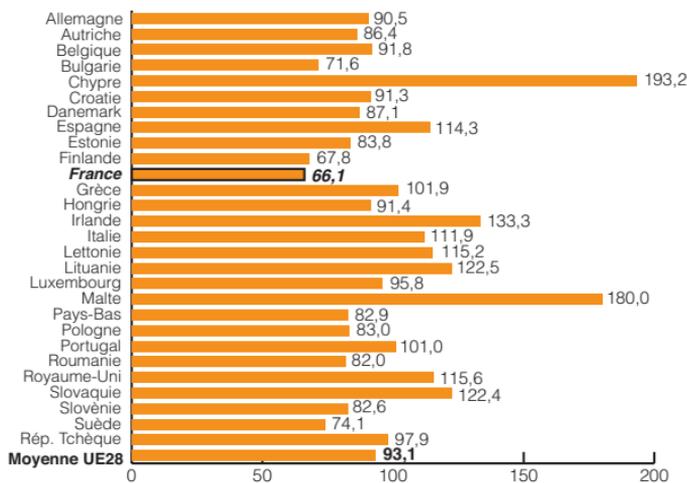
Prix TTC / MWh de l'électricité
à usage domestique pour le 2^e semestre 2013



Source : Eurostat

Prix HT / MWh de l'électricité
à usage industriel au 2^e semestre 2013

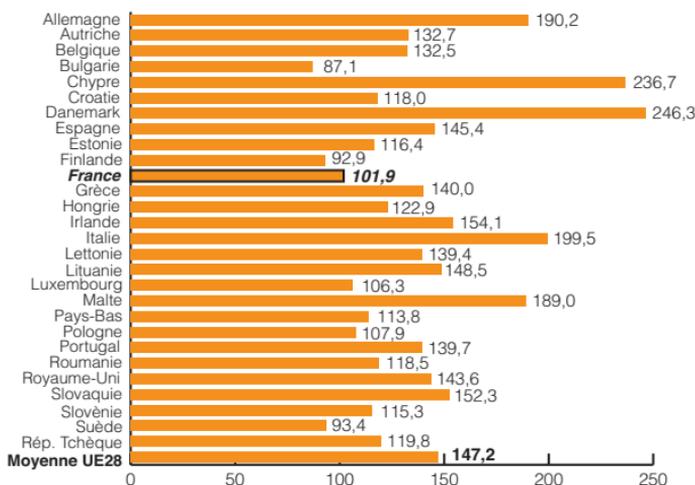
Prix HT € / MWh 2 ^e semestre 2013	
Allemagne	90,5
Autriche	86,4
Belgique	91,8
Bulgarie	71,6
Chypre	193,2
Croatie	91,3
Danemark	87,1
Estonie	83,8
Finlande	67,8
France	66,1
Grèce	101,9
Hongrie	91,4
Irlande	133,3
Italie	111,9
Lettonie	115,2
Lituanie	122,5
Luxembourg	95,8
Malte	180,0
Pays-Bas	82,9
Pologne	83,0
Portugal	101,0
Roumanie	82,0
Royaume-Uni	115,6
Slovaquie	122,4
Slovénie	82,6
Suède	74,1
Rép. Tchèque	97,9
Moyenne UE 28	93,1



Source : Eurostat

Prix TTC € / MWh 2 ^e semestre 2013	
Allemagne	190,2
Autriche	132,7
Belgique	132,5
Bulgarie	87,1
Chypre	236,7
Croatie	118,0
Danemark	246,3
Espagne	145,4
Estonie	116,4
Finlande	92,9
France	101,9
Grèce	140,0
Hongrie	122,9
Irlande	154,1
Italie	199,5
Lettonie	139,4
Lituanie	148,5
Luxembourg	106,3
Malte	189,0
Pays-Bas	113,8
Pologne	107,9
Portugal	139,7
Roumanie	118,5
Royaume-Uni	143,6
Slovaquie	152,3
Slovénie	115,3
Suède	93,4
Rép. Tchèque	119,8
Moyenne UE 28	147,2

Prix TTC / MWh de l'électricité
à usage industriel au 2^e semestre 2013



Source : Eurostat

Exemples de prix moyens des énergies en France

Examples of average prices of energy in France

Prix en monnaie courante Price in legal currency	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013
Exemples de prix de l'électricité Examples of Electricity prices								
Domestique Residential Prix de 100 kWh, en € TTC, simple tarif, selon la puissance souscrite : Price of 100 kWh in € including taxes, simple tariff depending on the subscribed power								
3 kVA	12,53	13,43	12,51	12,9	10,84	11,61	11,98	12,86
> 3 kVA	10,6	11,53	10,28	10,57	10,89	11,68	12,05	12,91
Industriel Industrial Prix de 100 kWh, en € HTVA, tarif bleu, selon période Price of 100 kWh in € excluding taxes, blue tariff, depending on time period								
Heures pleines	9,06	9,65	8,58	8,83	9,43	10,2	10,52	11,25
Heures creuses	5,14	5,49	5,26	5,38	6,05	7,21	7,47	8,02
Exemples de prix du gaz (Proche banlieue parisienne hors Paris) Examples of gas prices (Paris suburbs area excluding Paris)								
Domestique Residential Prix de 100 kWh PCS ⁽¹⁾ , en € TTC, simple tarif Price of 100 kWh GCV ⁽¹⁾ in € including taxes, simple tariff Tarif de base basic price	5,28	4,97	5,15	6,36	8,32	9,25	9,79	10,2
Industriel Industrial Prix de 100 kWh PCS ⁽¹⁾ , en € HTVA, tarif B2S, selon la saison Price of 100 kWh GCV ⁽¹⁾ in € excluding taxes, B2S tariff depending on season								
Hiver Winter	1,97	2,02	2,11	2,74	4,09	4,67	5,21	5,18
Été Summer	1,52	1,56	1,64	2,21	2,63	3,21	3,75	3,72
Exemples de prix du fioul (moyenne France entière) Examples of fuel oil prices (France average)								
Domestique Residential Prix de 100 kWh PCI, en € TTC, pour une livraison de 2 000 à 5 000 litres ⁽²⁾ Price of 100 kWh NCV in € including taxes, for a 2,000 - 5,000 l delivery ⁽²⁾ tarif "C1"	3,41	3,06	4,64	5,89	7,18	8,9	9,72	9,3
Industriel Industrial Prix de 100 kWh PCI, en € HTVA, selon la teneur en soufre ⁽³⁾ Price of 100 kWh NCV in € excluding taxes, depending on percentage of sulphur ⁽³⁾								
HTS High percentage	1,02	0,99	1,55	1,96	nd	nd	nd	nd
BTS Low percentage	nd	1,04	1,76	2,23	nd	nd	nd	nd
TBTS Very low percentage	nd	1,12	1,92	2,39	3,72	4,72	5,42	4,98

(1) Pouvoir Calorifique Supérieur **Gross Calorific Value**

(2) Pouvoir Calorifique Inférieur de 11,8 kWh/kg **Net Calorific Value of 11,8kWh/kg**

(3) Pouvoir Calorifique Inférieur de 11,08 kWh/ kg **Net Calorific Value of 11,08kWh/kg**

Source : base de données internet Pégase 2014, Observatoire de l'énergie

Tarifs d'achat français de l'électricité produite par les énergies renouvelables et la cogénération

Filière	Arrêtés	Durée des contrats	Exemple de tarifs pour les nouvelles installations
Hydraulique	01/03/07	20 ans	• 6,07 c€/kWh + prime comprise entre 0,5 et 2,5 c€/kWh pour les petites installations + prime comprise entre 0 et 1,68 c€/kWh en hiver selon la régularité de la production
			• 15 c€/kWh pour énergie hydraulique des mers (houlomotrice, marémotrice ou hydrocinétique)
Biogaz	19/05/11	15 ans	entre 8,121 et 9,745 c€/kWh selon la puissance + prime à l'efficacité énergétique comprise entre 0 et 4 c€/kWh
Méthanisation	19/05/11	15 ans	entre 11,19 et 13,37 c€/kWh selon la puissance + prime à l'efficacité énergétique comprise entre 0 et 4 c€/kWh et une prime pour le traitement d'effluent d'élevage comprise entre 0 et 2,6 c€/kWh
Energie éolienne	01/01/14	15 ans	• éolien terrestre : 8,2 c€/kWh pendant 10 ans, puis entre 2,8 et 8,2 c€/kWh pendant 5 ans selon les sites
	17/11/08		• éolien en mer : 13 c€/kWh pendant 10 ans, puis entre 3 et 13 c€/kWh pendant 10 ans selon les sites.
Energie éolienne avec dispositif de lissage & prévision de la production dans les zones particulièrement exposées au risque cyclonique	08/03/13	15 ans	23 c€/kWh pendant 10 ans puis entre 5 et 23 c€/kWh selon les sites
Energie photovoltaïque	04/03/11	20 ans	Demande de raccordement envoyée avant le 1 ^{er} juillet 2011 : • installations intégrées au bâti : 46 ; 40,6 ; 40,25 ou 35,2 c€/kWh selon l'usage du bâtiment et la puissance de l'installation • installations intégrées simplifiées au bâti : 30,35 ou 28,85 c€/kWh • autres installations : 12 c€/kWh
			Les tarifs applicables aux projets dont la demande de raccordement a été envoyée après le 1 ^{er} juillet 2011 seront affichés d'ici fin juillet 2011 après examen par la Commission de régulation de l'énergie de la quantité de projets reçus avant le 1 ^{er} juillet 2011.
Géothermie	23/07/10	15 ans	Métropole (resp. DOM) : 20 c€/kWh (resp. 13) + prime à l'efficacité énergétique entre 0 et 8 c€/kWh (resp. 0 et 3)
Cogénération	31/07/01	12 ans	6,1 à 9,15 c€/kWh en fonction du prix du gaz, de la durée de fonctionnement et de la puissance
Combustion de matières non fossiles végétales et animales	27/01/11	20 ans	4,34 c€/kWh + prime entre 7,71 et 12,53 c€/kWh selon critères de puissance, de ressources utilisées et d'efficacité énergétique. Son niveau est calculé en fonction de cette dernière
Déchets ménagers sauf biogaz	02/10/01	15 ans	4,5 à 5 c€/kWh + prime à l'efficacité énergétique comprise entre 0 et 0,3 c€/kWh
Autres installations de puissance inférieure à 36 kVA	13/03/02	15 ans	7,87 à 9,60 c€/kWh issu du tarif « bleu » aux clients domestiques

Source : MEDDE 2014

France : prix de l'uranium (moyenne zone Euratom)

France: Uranium prices (Euratom average)

		1980	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013
Prix moyen pondéré des contrats à long terme Long term contracts average prices	\$/lb ⁽¹⁾	36	29,4	17,5	13,1	16,1	31,45	44,68	44,49	43,52
	€/kg ⁽²⁾	67,2	60	34,75	37	33,6	61,68	83,45	90,03	85,19
Prix moyen annuel des échanges spot Spot price	\$/lb ⁽¹⁾	35	9,7	7,7	8,1	21,2	40,53	57,52	48,33	39,97
	€/kg ⁽²⁾	65,34	19,75	15,25	22,8	44,3	79,48	107,43	97,80	78,24

(1) US\$ courants/lb U₃O₈ Current US\$/lb U₃O₈

(2) Euros courants/kg U Current €/kg U

Source : rapport annuel Euratom 2013

France : prix CAF des énergies importées

France: CIF prices of imported energy

Monnaie courante Legal currency	1973	1980	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
Cours internationaux moyens International average price											
Brent daté (\$/bl)	-	37,83	23,65	17,04	28,52	54,41	96,99	61,48	79,44	111,22	111,7
Brent spot IPE (\$/bl)	-	-	24,87	16,97	28,45	55,09	98,4	62,17	80,2	110,83	111,68
Gaz NBP, cours spot (€/THERM)	-	-	-	-	20	41,38	61,65	32,04	43,27	61,18	61,87
NBP Gas, spot price (€/THERM)											
Gaz NBP, cours spot (US\$/Mbtu)	-	-	-	-	3,0	7,45	11,39	4,95	6,7	9,81	9,81
NBP Gas, spot price (US\$/Mbtu)											
Dollar en euro Dollar in euro	0,679	0,644	0,83	0,761	1,085	0,8	0,68	0,72	0,76	0,72	0,78
Livre en euro Pound in euro			-	-	1,64	1,46	1,26	1,12	1,17	1,15	1,23
Prix moyen à l'importation Average importation price											
CMS (€/t) SMF (€/t)	-	42,1	54,8	48,3	51,4	78,04	127,24	102,76	112,81	140,35	135,45
Pétrole brut (€/t) Crude oil	17,5	155,3	136,4	110,2	227,7	315,97	492,97	327,45	444,96	597,17	653,56
Pétrole brut (\$/bl) Crude oil	3,52	32,88	22,42	18,63	28,62	53,4	99,96	62,68	80,83	113,43	114,72
Produits pétroliers raffinés (€/t) Petroleum products (€/t)	-	159,8	172,4	141,8	277,9	375,9	558,47	369,25	493,51	636,08	725,36
Gaz naturel (€/kWh) Natural gas	0,088	0,729	0,794	0,765	1,018	1,5	2,5	1,85	1,8	2,4	2,8
Electricité exportée (€/kWh)						4,24	6,27	3,88	4,46	4,78	4,48

btu : british thermal unit - CAF: Coût Assurance Fret CIF Cost Insurance Freight

CMS : Combustibles Minéraux Solides SMF: Solid Mineral Fuels

NBP : National Balancing Point (marché notional sur le National Transmission System (GB) utilisé comme point de livraison du gaz vendu ou acheté)

Source : base de données internet Pégase 2013, Observatoire de l'énergie

GÉNÉRALITÉS

TABLEAU DE MENDELEÏEV

Tableau périodique des éléments

- métaux alcalins
- métaux alcalino-terreux
- métaux de transition
- lanthanides
- actinides
- autres métaux
- semi-métaux (métalloïdes)
- autres éléments non métalliques
- halogènes
- gaz rares

groupe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1 H hydrogène 1,0079											
2	3 Li lithium 6,941	4 Be béryllium 9,0122										
3	11 Na sodium 22,9897	12 Mg magnésium 24,3050										
4	19 K potassium 39,0983	20 Ca calcium 40,078	21 Sc scandium 44,9559	22 Ti titanium 47,867	23 V vanadium 50,9415	24 Cr chrome 51,9961	25 Mn manganèse 54,9380	26 Fe fer 55,845	27 Co cobalt 58,9332	28 Ni nickel 58,6934	29 Cu cuivre 63,546	30 Zn zinc 65,38
5	37 Rb rubidium 85,4678	38 Sr strontium 87,62	39 Y yttrium 88,9058	40 Zr zirconium 91,224	41 Nb niobium 92,9064	42 Mo molybdène 95,96	43 Tc technétium [98]	44 Ru ruthénium 101,07	45 Rh rhodium 102,9055	46 Pd palladium 106,42	47 Ag argent 107,8682	48 Cd cadmium 112,411
6	55 Cs césium 132,9054	56 Ba baryum 137,327	57-71 La-Lu lanthanides	72 Hf hafnium 178,49	73 Ta tantalum 180,948	74 W tungstène 183,84	75 Re rhenium 186,207	76 Os osmium 190,23	77 Ir iridium 192,222	78 Pt platine 195,084	79 Au or 196,9665	80 Hg mercure 200,59
7	87 Fr francium [223]	88 Ra radium [226]	89-103 Ac-Lr actinides	104 Rf rutherfordium [261]	105 Db dubnium [262]	106 Sg seaborgium [263]	107 Bh bohrium [264]	108 Hs hassium [265]	109 Mt meitnium [266]	110 Ds darmstadtium [268]	111 Rg roentgenium [269]	112 Cn copernicium [284]
	2 He hélium 4,0026	10 Ne néon 20,1797										
		8 O oxygène 15,9994										
		16 S soufre 32,065										
		14 Si silicium 28,0855										
		32 Ge germanium 72,64										
		50 Sn étain 118,710										
		82 Pb plomb 207,2										
		118 Xe xénon 131,293										
		17 Cl chlore 35,453										
		34 Se sélénium 78,96										
		52 Te tellure 127,60										
		84 Po polonium [209]										
		116 Lv livermorium [293]										
		18 Ar argon 39,948										
		36 Kr krypton 83,798										
		54 Se sélénium 78,96										
		86 Rn radon [222]										
		118 Uuo ununoctium [294]										

numéro atomique → **26** **Fe** ← symbole de l'élément (en blanc et orange : aucun isotope stable)
 nom de l'élément → fer
 masse atomique, basée sur ¹²C
 () : nombre de masse de l'isotope le plus stable

Le symbole en blanc ou orange indique l'absence de nucléides stables.
 Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre de masse de l'isotope le plus stable.

57 La lanthane 138,9055	58 Ce cerium 140,12	59 Pr praseodyme 140,9077	60 Nd néodyme 144,242	61 Pm prométhium [145]	62 Sm samarium 150,36	63 Eu europium 151,964	64 Gd gadolinium 157,25	65 Tb terbium 158,925	66 Dy dysprosium 162,50	67 Ho holmium 164,930	68 Er erbium 167,258	69 Tm thulium 168,934	70 Yb ytterbium 173,054	71 Lu lutécium 174,967
89 Ac actinium 227	90 Th thorium 232,0381	91 Pa protactinium 231,0369	92 U uranium 238,0289	93 Np néptunium [237]	94 Pu plutonium [244]	95 Am américium [243]	96 Cm curium [247]	97 Bk berkélium [247]	98 Cf californium [251]	99 Es einsteinium [252]	100 Fm fermium [257]	101 Md mendelevium [258]	102 No nobélium [259]	103 Lr lawrencium [260]

Lanthanides →
 Actinides →

SYMBOLES

Ag

Am

Ar

Ba

Br

C

Cd

Cl

Co

CO₂

Cs

D

F

H

I

Ir

Kr

N

Na

NO₂

NO_x

Np

K

O

Pu

PuO₂

Ra

Rb

Rh

Rn

Ru

SO₂

SO_x

Sr

T

Tc

Th

Tl

U

UF₆

UO₂

Xe

ELEMENTS ET ISOTOPES

argent

americium

argon

baryum

brome

carbone

cadmium

chlore

cobalt

dioxyde de carbone

césium

deutérium

fluor

hydrogène

iode

iridium

krypton

azote

sodium

dioxyde d'azote

oxyde d'azote (en général)

neptunium

potassium

oxygène

plutonium

dioxyde de plutonium

radium

rubidium

rhodium

radon

ruthénium

dioxyde de soufre

oxyde de soufre (en général)

strontium

tritium

technétium

thorium

thallium

uranium

hexafluorure d'uranium

dioxyde d'uranium

xénon

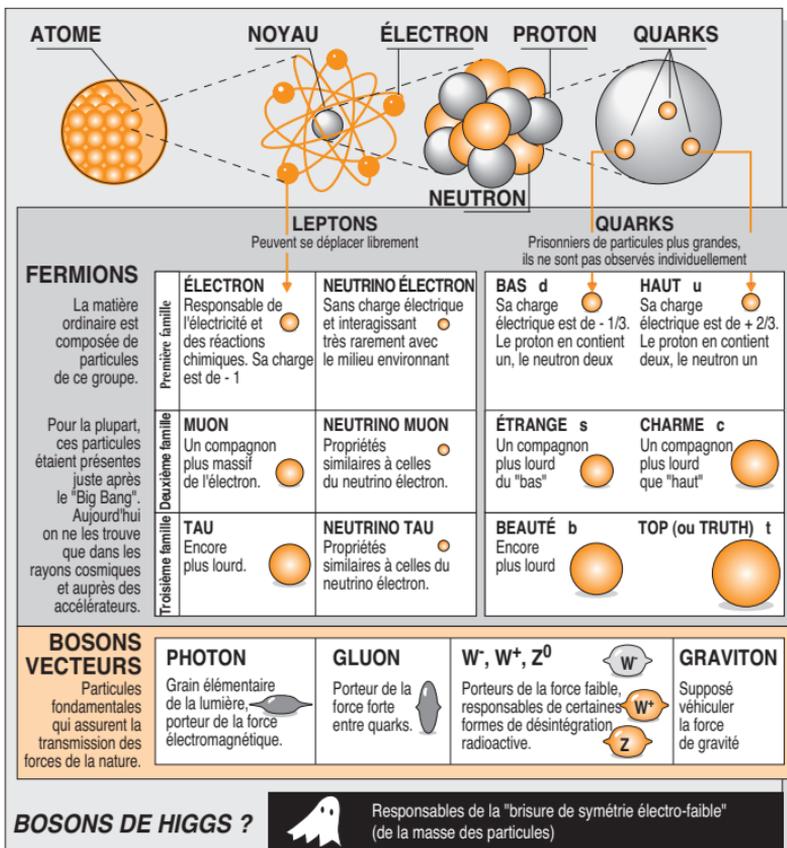
Période, radioactivité et utilisation des principaux isotopes

Half-life, radioactivity and applications of the principal isotopes

Z	Élément	État	Période	Alpha (MeV)	Bêta (MeV)	Gamma (MeV)	X (MeV)	Utilisation
0	n	1	F	10,3 m	0,7824			diverses
1	H	3	F	12,32 a	0,01860			fusion, traceur
4	Be	7	F	53,2 j		0,4776		datation, traceur
6	C	14	F	5 730 a	0,1565			datation, traceur
11	Na	22	F	2,603 a	0,545	1,275		médecine
11	Na	24	F	14,96 h	1,389	1,369		traceur
						2,754		
19	K	40	F	1,26.10 ⁹ a	1,312	1,461		datation
26	Fe	55	F	2,73 a			0,006	fluorescence X
26	Fe	59	F	44,51 j	0,273	1,099		traceur
					0,475	1,292		
27	Co	58	F	70,86 j		0,8108		traceur
27	Co	60	F	5,271 a	0,315	1,173		irradiation,
						1,333		médecine
36	Kr	85	F	10,71 a	0,15	0,5140		traceur, jauges
38	Sr	90	F	28,15 a	0,546			jauges
43	Tc	99	M	6,01 h		0,1405	0,02	médecine
						0,1426		
53	I	125	F	59,4 j		0,0355	0,03	médecine
53	I	131	F	8,02 j	0,606	0,3645		médecine
54	Xe	133	F	5,243 j	0,346	0,08100	0,031	médecine
54	Xe	133	M	2,19 j		0,2333	0,030	
55	Cs	134	F	2,065 a	0,658	0,6047		sans utilisation
						0,7958		
55	Cs	137	F	30,17 a	0,514	0,6616		jauges
63	Eu	152	F	13,5 a	0,69	0,3443		sans utilisation
					1,47	1,408		
77	Ir	192	F	73,83 j	0,672	0,3165		brachythérapie
						0,4681		radiographie γ
79	Au	198	F	2,694 j	0,961	0,4118		médecine, traceur
81	Tl	201	F	3,041 j		0,1674	0,071	médecine
81	Tl	208	F	3,053 m	1,796	0,5830	0,071	sans utilisation
						2,615		
86	Rn	222	F	3,8235 j	5,490	0,510		sans utilisation
88	Ra	226	F	1 600 a	4,784	0,1861		sans utilisation
						0,2624		
90	Th	232	F	1,4.10 ¹⁰ a	4,010	0,0590		datation, traceur
92	U	235	F	7,04.10 ⁸ a	4,494	0,1857		combustible
92	U	238	F	4,46.10 ⁹ a	4,196	0,04354		datation, traceur.
			Fertile*					
93	Np	237	F	2,14.10 ⁶ a	4,788	0,08653		sans utilisation
94	Pu	239	F	2,411.10 ⁴ a	5,156	0,4137	0,02	combustible
95	Am	241	F	432,2 a	5,486	0,05954	0,02	jauges

Caractéristiques des particules élémentaires

Characteristics of the elementary particles



Les particules élémentaires dans le cadre du modèle standard

NB : Nucléons : protons (2u + 1d) 1 charge +
neutrons (1u + 2d) neutre, charge 0

Source : "Scintillations" N° 3/92 IRFU/CEA

UNITES DE MESURE

	UNITÉ	VALEUR EN SYSTÈME INTERNATIONAL (SI)	SYMBOLE
longueur (L)	fermi	10^{-15} m	fm
	angström	10^{-10} m	Å
	micron	10^{-6} m	μ
	mètre	1 m	m
	mille nautique	1 852 m	
	unité astronomique	$1,496 \cdot 10^{11}$ m	u.a.
	année lumière	$9,461 \cdot 10^{15}$ m	a.l.
	parsec	$3,0857 \cdot 10^{16}$ m	pc
masse (M)	masse de l'électron	$9,109558 \cdot 10^{-31}$ kg	
	dalton ou unité de masse atomique	$1,66 \cdot 10^{-27}$ kg	u.m.a.
	carat métrique	$2 \cdot 10^{-4}$ kg	
	kilogramme	1 kg	kg
	quintal	100 kg	q
	tonne	1 000 kg	t
	masse solaire	$1,991 \cdot 10^{30}$ kg	M
temps (T)	seconde	1 s	s
	jour solaire moyen	86 400 s	j, d
	jour sidéral	86 164,1 s	
température (Θ)	kelvin	1 K	K
	degré Celsius	1 K	$^{\circ}\text{C}$
	électronvolt	11 605 K	eV
quantité de matière	mole	1 mol	mol
surface (L^2)	barn	10^{-28} m ²	b
	are	100 m ²	a
volume capacité (L^3)	litre	10^{-3} m ³	l
	stère	1 m ³	st
	baril de pétrole	$0,15898$ m ³	
fréquence (T^{-1})	hertz	1 s^{-1}	Hz
vitesse linéaire (LT^{-1})	noeud	$0,514 \text{ ms}^{-1}$	
accélération linéaire (LT^{-2})	gal	$0,01 \text{ ms}^{-2}$	
force (MLT^{-2})	dyne	10^{-5} N	dyn
	newton	1 N	N
	kilogramme-force	9,81 N	kgf

énergie, travail quantité de chaleur (ML^2T^{-2})	électronvolt	$1,602 \cdot 10^{-19}$ J	eV
	erg	10^{-7} J	
	joule	1 J	J
	calorie	4,184 J	cal
	wattheure	3 600 J	Wh
	thermie	$4,184 \cdot 10^6$ J	th
puissance (ML^2T^{-3})	watt	1 W	W
	cheval-vapeur	735,5 W	ch
pression ($ML^{-1}T^{-2}$)	barye	10^{-1} Pa	
	pascal	1 Pa	Pa
	torr	133,332 Pa	
	pièze	10^3 Pa	pz
	centimètre de mercure	1 333,32 Pa	cmHg
	kilogramme-force par centimètre carré	$9,8 \cdot 10^4$ Pa	kgf/cm ²
	bar	10^5 Pa	
	atmosphère	101 325 Pa	
viscosité dynamique ($ML^{-1}T^{-1}$)	poise	0,1 PI	Po
	poiseuille	1 PI	PI
viscosité cinématique (L^2T^{-1})	stokes	10^{-4} m ² s ⁻¹	Sk
intensité électrique (I)	ampère	1 A	A
quantité d'électricité	franklin	$3,33564 \cdot 10^{-10}$ C	Fr
charge électrique (IT)	coulomb	1 C	C
	faraday	96 494 C	
potentiel ($ML^2T^{-3}I^{-1}$)	volt	1 V	V
résistance ($ML^2T^{-3}I^{-2}$)	ohm	1 Ω	Ω
capacité ($M^{-1}L^{-2}T^4I^2$)	centimètre farad	$1,112 \cdot 10^{-2}$ F	
	farad	1 F	F
conductance ($M^{-1}L^{-2}T^3I^2$)	siemens	1 S	S
inductance ($ML^2T^{-2}I^{-2}$)	centimètre henry	10^{-9} H	cm
	henry	1 H	H

induction magnétique ($MT^{-2}I^{-1}$)	gauss tesla	10^{-4} T 1 T	Gs, G T
flux d'induction magnétique ($ML^2T^{-2}I^{-1}$)	maxwell weber	10^{-8} Wb 1 Wb	Mx Wb
moment magnétique ($ML^3T^{-2}I^{-1}$)	debye	$3,355 \cdot 10^{-30}$ Cm	D
intensité lumineuse (I_e)	candela	1 cd	cd
luminance ($L^{-2}I_e$)	nit stilb	1 nit 10^4 nit	nit sb
éclairage ($L^{-2}I_e$)	lux phot	1 lx 10^4 lx	lx ph
flux lumineux (I_e)	lumen	0,00147 W (à 5 550 Å)	lm
vergence (L^{-1})	dioptrie	$1 m^{-1}$	δ
radioactivité (activité)	becquerel curie	1 Bq $3,7 \cdot 10^{10}$ Bq (désintégrations par seconde)	Bq Ci
radioactivité (dose)	röntgen rad gray	$2,58 \cdot 10^{-4}$ C/kg 10^{-2} Gy 1 Gy	R rad Gy
information	bit	unité élémentaire de quantité d'information	
débit d'information	baud	1 bit par seconde	
atténuation	bel neper		B Np
angle plan arc	seconde minute grade degré radian	$4,845 \cdot 10^{-6}$ rad $2,9 \cdot 10^{-4}$ rad 0,0157079 rad 0,0174533 rad 1 rad	" ' gr, G ° rad
angle solide	stéradian spat	1 sr 4π sr	sr sp

NB : en gras les unités de base du Système international.
Source : *Encyclopædia Universalis*, 1986.

Préfixes des multiples et sous-multiples décimaux des unités du Système international

Préfixe	Facteur	Symbole	Préfixe	Facteur	Symbole
exa	10^{18}	E	déci	10^{-1}	d
péta	10^{15}	P	centi	10^{-2}	c
téra	10^{12}	T	milli	10^{-3}	m
giga	10^9	G	micro	10^{-6}	μ
méga	10^6	M	nano	10^{-9}	n
kilo	10^3	k	pico	10^{-12}	p
hecto	10^2	h	femto	10^{-15}	f
déca	10^1	da	atto	10^{-18}	a

Unités de mesure anglosaxonnes

LONGUEURS (*Length*)

1 inch (in)	25,4 mm
1 foot (ft) = 12 inches	30,48 cm
1 yard (yd) = 3 feet	91,44 cm
1 rod, pole or perch = 5 1/2 yards	5,029 m
1 chain (ch) = 22 yards	20,12 m
1 furlong (fur) = 220 yards	201,168 m
1 mile = 8 furlongs	1,6093 km
1 league = 3 miles	4,828 km

SURFACES (*Area*)

1 square inch	6,4516 cm ²
1 sq. foot = 144 sq. inches	929,03 cm ²
1 sq. yard = 9 sq. feet	0,8361 m ²
1 acre = 4 roods = 4 840 sq. yards	0,405 ha
1 sq. mile = 640 acres	259 ha

VOLUMES (*Capacity*)

1 fluid ounce (GB)	28,41 ml
1 fluid ounce (US)	29,57 ml
1 pint (GB) = 20 fluid ounces	0,5683 l
1 pint (US) = 16 fluid ounces	0,4732 l
1 quart (GB) = 2 pints	1,1365 l
1 quart (US) = 2 pints	0,9464 l
1 gallon (GB) = 4 quarts	4,5461 l
1 gallon (US) = 4 quarts	3,7854 l

POIDS (*Weights*)

1 grain (gr)	64,8 mg
1 ounce (oz) = 437,5 grains	28,35 g
1 pound (lb) = 16 ounces	453,592 g
1 stone (GB) = 14 pounds	6,3503 kg
1 quarter = 2 stone	12,7 kg
1 (long) hundredweight (GB) = 112 pounds	50,8 kg
1 (short) hundredweight (US) = 100 pounds	45,36 kg
1 (long) ton (GB) = 2 240 pounds	1 016,047 kg
1 (short) ton (US) = 2 000 pounds	907,185 kg

MESURES NAUTIQUES (Nautical units)

1 fathom = 6 feet	1,829 m
1 cable = 608 feet (in the British Navy)	185,31 m
1 cable = 720 feet (in the US Navy)	219,46 m
1 nautical (or sea) mile = 6 080 feet	1,852 km
1 sea league = 3 sea miles	5,55 km
1 degree = 60 sea miles	111,12 km

TEMPÉRATURE (Temperature)

	Fahrenheit	Celsius (°C)
Ébullition de l'eau	212 °F	100 °C
Congélation de l'eau	32 °F	0 °C
	14 °F	- 10 °C
	0 °F	- 17,8 °C
Zéro absolu	- 459,67 °F	- 273,15 °C

$^{\circ}\text{C} = 5/9 (^{\circ}\text{F} - 32)$ $^{\circ}\text{F} = 9/5 ^{\circ}\text{C} + 32$

CONSTANTES PHYSIQUES

Constantes physiques fondamentales

Constante	Symbole usuel	Valeur	Unité	Incertitude relative (ppm)
vitesse de la lumière dans le vide	c	299 792 458	ms^{-1}	(par définition)
perméabilité du vide	μ_0	$4\pi 10^{-7}$	NA^{-2}	
		= 12,566 370 614...	10^{-7}NA^{-2}	(calculé)
permittivité du vide	ϵ_0	$1/\mu_0 c^2$		
		= 8,854 187 817...	10^{-12}Fm^{-1}	(calculé)
constante de gravitation	G	6,672 59 (85)	$10^{-11} \text{m}^3\text{kg}^{-1}\text{s}^{-2}$	128
constante de Planck	h	6,626 075 5 (40)	10^{-34}Js	0,60
$h/2\pi$	\hbar	1,054 572 66 (63)	10^{-34}Js	0,60
charge élémentaire	e	1,602 177 33 (49)	10^{-19}C	0,30
flux magnétique, $h/2e$	Φ_0	2,067 834 61 (61)	10^{-15}Wb	0,30
masse de l'électron	m_e	9,109 389 7 (54)	10^{-31}kg	0,59
masse du proton	m_p	1,672 623 1 (10)	10^{-27}kg	0,59
quotient des masses				
proton-électron	m_p/m_e	1 836,152 701 (37)		0,020
constante de structure fine	α	7,297 353 08 (33)	10^{-3}	0,045
inverse constante de structure fine	α^{-1}	137,035 989 5 (61)		0,045
constante de Rydberg	R_{∞}	10 973 731,534 (13)	m^{-1}	0,0012
nombre d'Avogadro	N_A, L	6,022 136 7 (36)	10^{23}mol^{-1}	0,59
constante de Faraday, $N_A e$	F	96 485,309 (29)	Cmol^{-1}	0,30
constante des gaz parfaits	R	8,314 510 (70)	$\text{Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$	8,4
Constante de Boltzmann, R/N_A	k	1,380 658 (12)	10^{-23}JK^{-1}	8,5
Constante de Stefan-Boltzmann	σ	5,670 51 (19)	$10^{-8} \text{Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$	34
Autres unités non SI complémentaires				
électronvolt, $(e/C)\text{J} = \{e\}\text{J}$	eV	1,602 177 33 (49)	10^{-19}J	0,30
unité de masse atomique	u	1,660 540 2 (10)	10^{-27}kg	0,59
$1 \text{ u} = m_u = 1/12 m(^{12}\text{C})$				

Source : Handbook of Chemistry and Physics, 74th Ed. 1993, CRC Press.

LE CEA

PRÉSENTATION



Le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives

Acteur majeur de la recherche, du développement et de l'innovation, le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives intervient dans quatre grands domaines : les énergies bas carbone, les technologies pour l'information et les technologies pour la santé, la défense et la sécurité globale, les Très grandes infrastructures de recherche (TGIR).

Pour chacun de ces quatre grands domaines, le CEA s'appuie sur une recherche fondamentale d'excellence et assure un rôle de soutien à l'industrie.

Le CEA est implanté sur 10 centres répartis dans toute la France. Il développe de nombreux partenariats avec les autres organismes de recherche, les collectivités locales et les universités. A ce titre, le CEA est partie prenante des alliances nationales coordonnant la recherche française dans les domaines de l'énergie (ANCRE), des sciences de la vie et de la santé (AVIESAN), des sciences et technologies du numérique (ALLISTENE), des sciences de l'environnement (AllEnvi) et des sciences humaines et sociales (ATHENA).

Parce qu'il a déjà largement prouvé son savoir-faire en matière de transfert technologique, le CEA s'est vu confier par le gouvernement une mission d'intérêt national, en octobre 2012 : diffuser ce savoir-faire, le décliner dans de nouvelles régions pour accompagner les entreprises dans leur démarche d'innovation. En 2014, plusieurs plates-formes régionales de transfert technologique (PRTT) du CEA, faisant partie de l'Institut CEA Tech en Région, ont vu le jour en Aquitaine (à Bordeaux), en Midi-Pyrénées (à Toulouse), en Pays de la Loire (à Nantes), en Provence-Alpes-Côte d'Azur et en Lorraine.

Reconnu comme un expert dans ses domaines de compétences, le CEA est pleinement inséré dans l'espace européen de la recherche et exerce une présence croissante au niveau international. Il assure la représentation de la France au sein des grandes agences nucléaires et anime un réseau de 13 conseillers nucléaires à l'étranger au sein de nos ambassades.

Une variété de programmes articulés autour de cinq grands axes :

Les énergies bas carbone

Disposer de formes d'énergie compétitives, sûres et propres, en particulier non émettrices de gaz à effet de serre, constitue un enjeu international majeur pour lequel le CEA est très impliqué.

En appui aux industriels, le CEA cherche à optimiser le parc actuel des réacteurs nucléaires et à mettre au point des solutions techniques pour la gestion des déchets radioactifs.

Il participe aux programmes de recherches internationaux sur les réacteurs et combustibles nucléaires du futur qui assureront une production à la fois plus économique, plus sûre et générant moins de déchets. Le CEA a ainsi été mandaté par le Gouvernement pour construire, à l'horizon 2020, un démonstrateur pré-industriel de 4^e génération, ce qui constitue un défi très ambitieux pour évoluer vers un nucléaire durable et encore plus sûr. Le CEA conduit aussi des programmes sur l'impact sanitaire et environnemental de cette source d'énergie.

Les recherches du CEA soutiennent également l'essor des Nouvelles technologies pour l'énergie (NTE) : énergie solaire photovoltaïque et bâtiment à faible consommation d'énergie, technologies pour le stockage de l'électricité (batteries) et nanomatériaux, hydrogène, biocarburants de 2^e et 3^e génération...

La fusion thermonucléaire, dont la maîtrise pourrait permettre dans l'avenir de disposer d'une source quasi infinie d'énergie, est également au cœur de ses recherches. Le CEA est ainsi fortement impliqué dans le projet international du réacteur expérimental ITER.

En amont et en lien avec ses recherches et développements sur les énergies, il conduit

différents programmes dans les domaines de la climatologie, des matériaux, de la chimie et des interactions rayonnement-matière.

Technologies pour l'information et la santé

Intervenant en appui de la politique nationale d'innovation industrielle, le CEA dispose d'une recherche technologique de haut niveau dans le domaine des micro et nanotechnologies. Les applications industrielles de ces recherches concernent notamment les télécommunications et les objets communicants. Il exerce également ses compétences dans les domaines de la robotique, de la réalité virtuelle et des technologies logicielles : systèmes embarqués et interactifs, capteurs et traitement du signal.

Grâce aux compétences qu'il a développées dans les biotechnologies et les technologies nucléaires pour la santé (marquage biomoléculaire, imagerie médicale), le CEA est également un acteur de la recherche médicale. Il s'appuie notamment sur des grandes plateformes comme NeuroSpin pour l'imagerie cérébrale à très haut champ et MIRcen pour l'imagerie clinique, et sur les centres nationaux de séquençage (Génoscope) et de génotypage (CNG) rassemblés dans l'Institut de génomique d'Evry.

Ces programmes appliqués s'appuient sur une recherche fondamentale en nanophysique et ingénierie moléculaire, sciences des matériaux et cryotechnologies.

Au service de la Défense nationale

Le CEA a la responsabilité du maintien sur le long terme de la capacité de dissuasion nucléaire française. Ses missions couvrent toutes les étapes de la vie des têtes nucléaires qui équipent les avions et les sous-marins lanceurs d'engins. A la suite de l'arrêt des essais nucléaires, le CEA a mis en oeuvre le programme Simulation, qui s'appuie sur d'importants moyens expérimentaux et de calcul (Airix, laser Mégajoule, supercalculateur Tera). Il développe également son expertise en matière de détonique et d'électromagnétisme.

Le CEA est également responsable de la conception et de la maintenance des réacteurs de propulsion nucléaire (sous-marins, porte-avions).

Dans le cadre de la lutte anti-terroriste, le CEA a renforcé ses moyens d'évaluation et de prévention face aux menaces nucléaires radiologiques, biologiques et chimiques.

Enfin, il intervient dans les instances nationales et internationales, où il contribue à la surveillance du respect des traités internationaux tels que le Traité d'interdiction complète des essais nucléaires (TICE).

Les Très grandes infrastructures de recherche (TGIR)

La conception et l'exploitation des Très grandes infrastructures de recherche sont une compétence reconnue du CEA, en France comme à l'international.

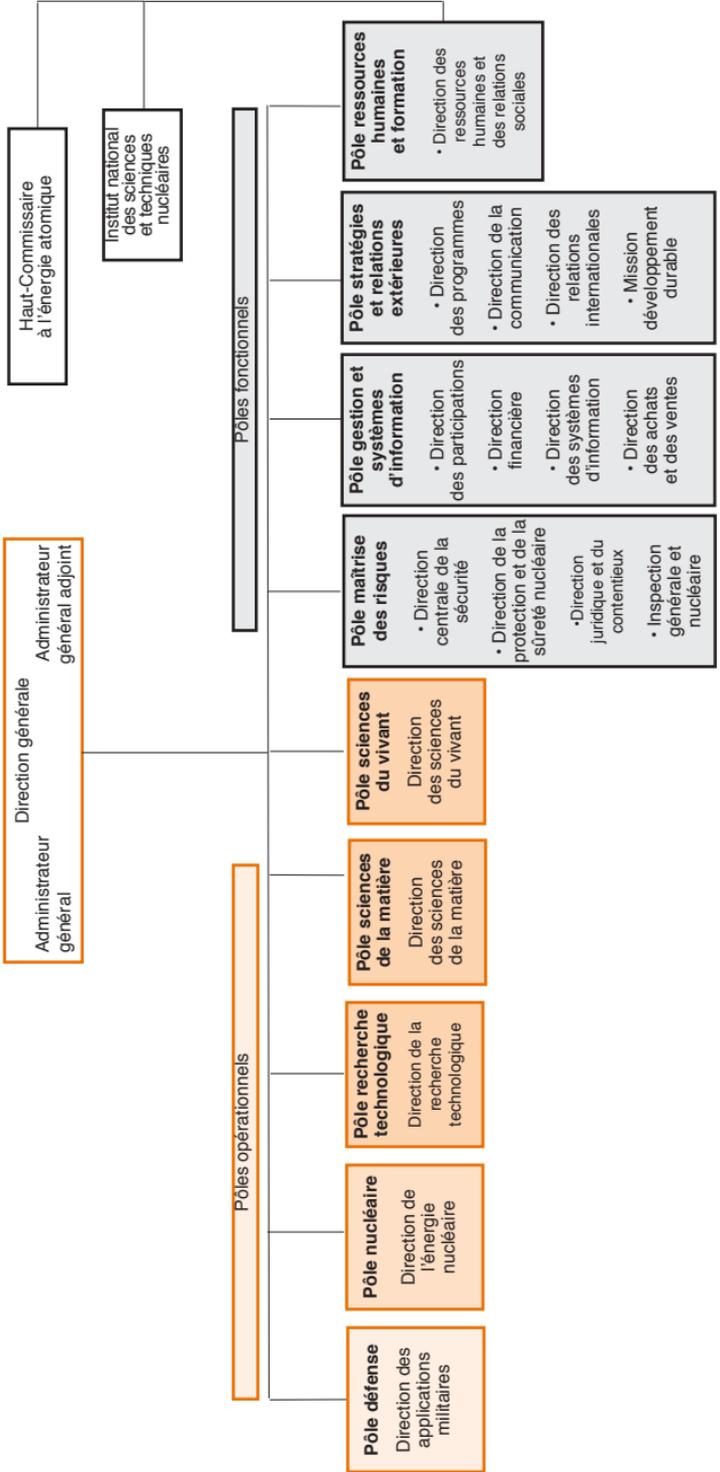
L'astrophysique et la physique des particules sont deux domaines où il est particulièrement présent, avec respectivement les grands instruments d'observation, au sol ou dans l'espace, et le LHC (Large Hadrons Collider à Genève) ou le Ganil (Grand accélérateur national d'ions lourds, à Caen).

La simulation numérique (supercalculateur Curie, en projet), l'étude de la matière (synchrotrons), la physique des lasers (laser Mégajoule), la physique des plasmas, font également l'objet de grands projets collaboratifs autour de TGIR, auxquels le CEA apporte son expertise.

Cela suppose des programmes de recherche tant pour la conception des infrastructures (cryotechnologies, instrumentation, développement de matériaux...) que pour l'analyse des données qui en sont issues.

Pour ces projets souvent montés grâce à des coopérations internationales, le CEA a, aux côtés du CNRS, un rôle de représentation de la France.

Organigramme du CEA



Pour plus d'informations sur le CEA

Siège social :

CEA

Bâtiment Le ponant D

25 rue Leblanc

75015 PARIS

tél : 01 64 50 20 60

www.cea.fr

Les centres de recherche du CEA

• **CEA - Centre de Cadarache**

13108 Saint-Paul-lez-Durance cedex

tél : 04 42 25 70 00

• **CEA - Centre du Cesta**

BP 2

33114 Le Barp

tél : 05 57 04 40 00

• **CEA - Centre DAM-Ile-de-France**

BP 12 - Bruyères-le-Châtel

91297 Arpajon cedex

tél : 01 69 26 40 00

• **CEA - Centre de Fontenay-aux-Roses**

BP 6

92265 Fontenay-aux-Roses cedex

tél : 01 46 54 70 80

• **CEA - Centre de Gramat**

BP 80200

46500 Gramat

tél : 05 65 10 54 32

• **CEA - Centre de Grenoble**

17, rue des Martyrs

38054 Grenoble cedex 9

tél : 04 38 78 44 00

• **CEA - Centre du Ripault**

BP 16

37260 Monts

tél : 02 47 34 40 00

• **CEA - Centre de Saclay**

91191 Gif-sur-Yvette cedex

tél : 01 69 08 60 00

• **CEA - Centre de Valduc**

BP 14

21120 Is-sur-Tille

tél : 03 80 23 40 00

• **CEA - Centre de Marcoule**

BP 171

30207 Bagnols-sur-Cèze cedex

tél : 04 66 79 60 00

• **INES** (Institut national de l'énergie solaire)

50 Avenue du Lac Léman

73375 Le Bourget-du-Lac

04 79 79 20 00

www.ines-solaire.org

• **INSTN** (Institut national des sciences et techniques nucléaires)

91191 Gif-sur-Yvette cedex

www-instn.cea.fr

• **IE2N** (Institut international de l'énergie nucléaire)

91191 Gif-sur-Yvette cedex

Les institutionnels

- **AEN** (Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire)
2, rue André Pascal
75775 Paris cedex 16
tél : 01 45 24 82 00
www.nea.fr
- **AIEA** (Agence internationale de l'énergie atomique)
WAGRAMERSTRASSE 5
BP 100
A - 1400 Vienne
AUTRICHE [43] (1) 2060
www.iaea.org
- **Andra** (Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs)
Parc de la Croix Blanche - 1-7, rue Jean Monet
92298 Chatenay-Malabry cedex
tél : 01 46 11 80 00
www.andra.fr
- **ASN** (Autorité de sûreté nucléaire)
6, place du Colonel Bourgoïn
75572 Paris Cedex 12
www.asn.gouv.fr
- **DGEC** (Direction générale de l'énergie et du climat)
Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable, et de la Mer
Grande Arche de la Défense - Paroi Nord
92055 La Défense Cedex
tél : 01 40 90 20 00
www.industrie.gouv.fr (rubrique "énergie et matières premières")
- **IRSN** (Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire)
Centre de Fontenay-aux-Roses - BP 6
92265 Fontenay-aux-Roses cedex
tél : 01 46 54 80 07
www.irsn.org
- **Euratom**
200, rue de la Loi
B 1049 Bruxelles
BELGIQUE [32] (2) 299 11 11
europa.eu.int (thème "énergie")

Les industriels

- **AREVA**

33 rue La Fayette
75442 Paris cedex 09
tél.: 33 (0)1 34 96 00 00
www.areva.com

- **AREVA NP**

Tour AREVA
1 Place de la Coupole
92084 Paris La Défense cedex
tél : 01 47 96 12 12
www.areva-np.com

- **EDF**

22, avenue Wagram
75008 Paris
tél : 01 40 42 22 22
www.edf.fr

Les associations

- **SFP** (Société française de physique)

33, rue Croulebarde
75013 Paris
tél : 01 44 08 67 10
www.sfpnet.fr

- **SFEN** (Société française de l'énergie nucléaire)

5 rue des Morillons
75015 Paris
tél : 01 53 58 32 10
www.sfen.org

Pour plus d'informations sur l'énergie

Les institutionnels

- **Ademe** (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie)

27, rue Louis Vicat
75737 Paris cedex 15
tél : 01 47 65 20 00
www.ademe.fr

- **BRGM** (Bureau de recherches géologiques et minières)

Avenue Claude Guillemin
La Source - BP 6009
45060 Orléans cedex 2
tél : 02 38 64 34 34
www.brgm.fr

- **Direm** (Direction des ressources énergétiques et minérales)
61, boulevard Vincent Auriol
75703 Paris cedex 13
tél : 01 44 87 17 17

- **IFP** (Institut français du pétrole)
232, avenue Napoléon Bonaparte
92852 Reuil-Malmaison Cedex - France
www.ifp.fr

- **OPECST** (Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et techniques)
Sénat
15, rue Vaugirard
75291 Paris cedex 06
tél : 01 42 34 20 43
www.senat.fr (rubrique "travaux parlementaires")

Les industriels

- **Charbonnage de France**
100, avenue Albert 1er
92503 Reuil Malmaison
tél : 01 47 52 35 00
www.groupecharbonnages.fr

- **GDF Suez**
23 rue Philibert Delorme
75840 Paris cedex 13
www.gazdefrance.com

Publications périodiques du CEA

- Clefs CEA (semestriel)
- Les Défis du CEA (mensuel)
- Rapport d'activités (annuel)
- Mémento sur l'énergie (annuel)
- Elecnucl - Les centrales nucléaires dans le monde (annuel)
- Collection de livrets thématiques du CEA traitant de :
 - 1 - l'atome,
 - 2 - la radioactivité,
 - 3 - l'homme et les rayonnements,
 - 4 - l'énergie,
 - 5 - l'énergie nucléaire,
 - 6 - le fonctionnement d'un réacteur nucléaire,
 - 7 - le cycle du combustible,
 - 8 - la microélectronique,
 - 9 - le laser,
 - 10 - l'imagerie médicale,
 - 11 - l'astrophysique nucléaire,
 - 12 - l'hydrogène,
 - 13 - le soleil,
 - 14 - les déchets radioactifs,
 - 15 - le climat,
 - 16 - la simulation numérique,
 - 17 - les séismes,
 - 18 - le nanomonde,
 - 19 - énergies du XXI^e siècle,
 - 20 - la chimie pour l'énergie.

Des exemplaires de ces documents peuvent être obtenus gratuitement sur simple demande à la Direction de la communication du CEA.

Retrouvez toutes l'actualité du CEA, des dossiers, des animations... sur le site www.cea.fr.

le **VISIATOME**[®]
Marcoule

Centre de culture scientifique, le Visiatome propose, à Marcoule, une exposition permanente, ludique et interactive ainsi que des activités pédagogiques sur la radioactivité, les énergies, les modes de traitement des déchets radioactifs et des déchets en général.

Une visite à faire en famille ou dans le cadre scolaire.

Renseignements : 04 66 39 78 78 et www.visiatome.fr

Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives

Direction de la communication

Bâtiment Siège - 91191 Gif-sur-Yvette cedex

Institut de technico-économie des systèmes énergétiques

Direction de l'énergie nucléaire

Bâtiment 524 - 91191 Gif sur Yvette

[www.cea.fr](http://www cea fr)

ISSN - 1280-9039

Imprimé sur papier ECF